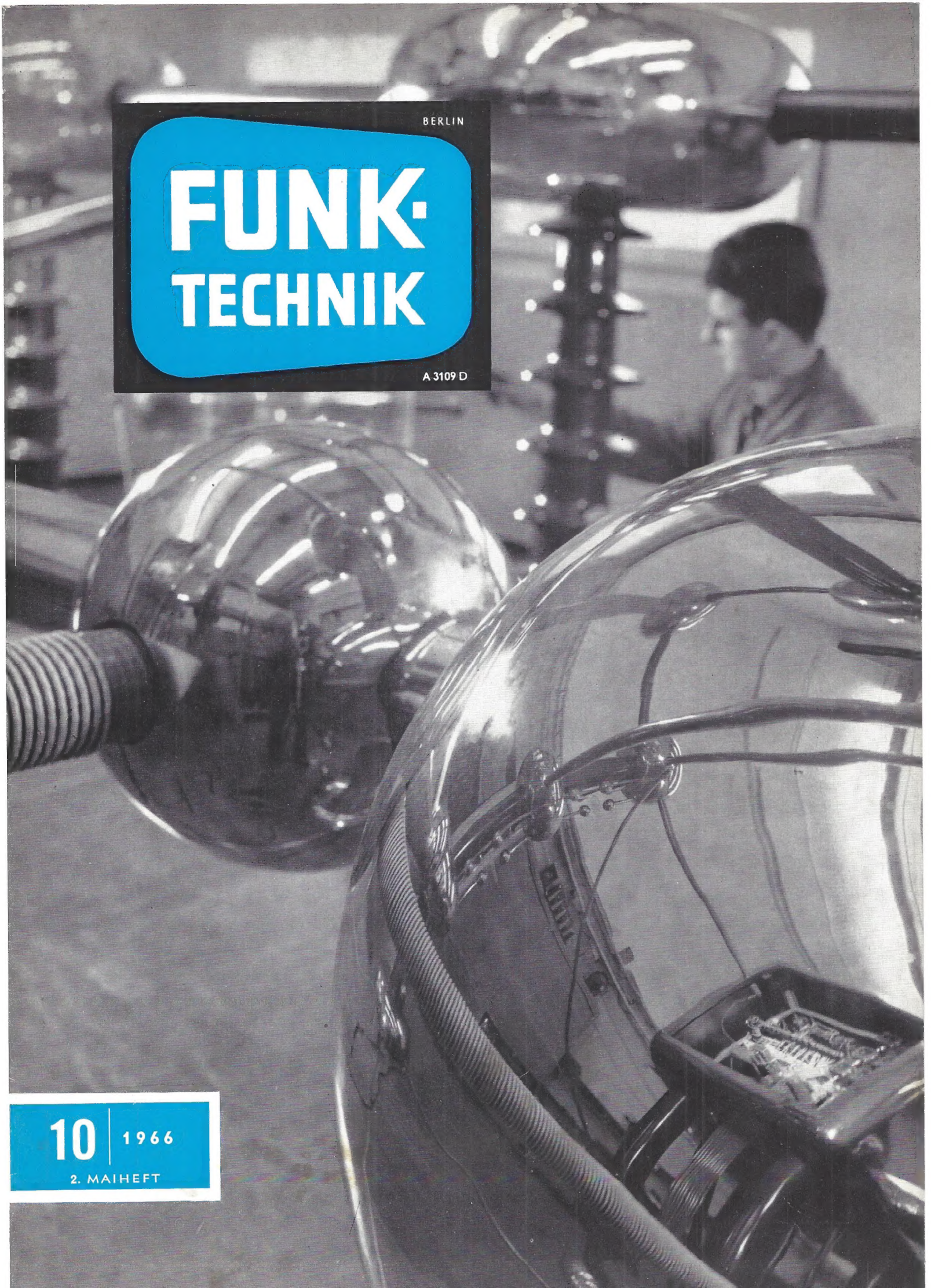


BERLIN

FUNK-TECHNIK

A 3109 D

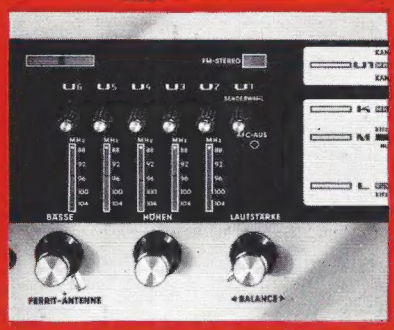
10 | 1966

2. MAIHEFT

GRUNDIG

HF 300

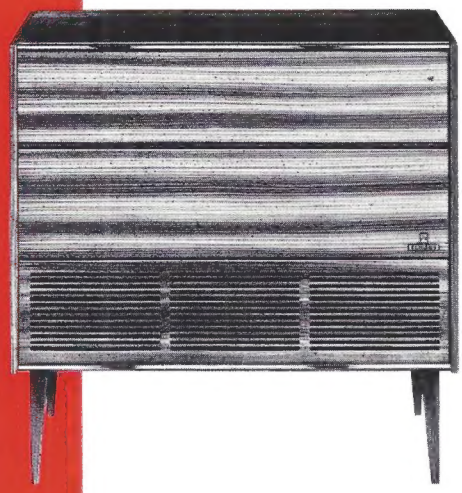
ein Messeschlager Hannover 1966



6 UKW-Programmtasten

mit vollelektronischer Dreifach-Gegentakt-Senderabstimmung durch Kapazitäts-Dioden im Bereich von 87 - 104 MHz.

- Absolute Wiederkehr-Genauigkeit durch automatische UKW-Scharfabstimmung und elektronische Temperatur-Stabilisierung.
- Kreise : 8 AM, 15 FM (davon 9 ZF-Kreise).
- Bestückung: 8 Transistoren, 20 Dioden, 8 Röhren, 1 Gleichrichter (einschließlich Decoder).
- Gegentakt-Endstufen 2 x 6 Watt.



Stereo-Konzertschrank Verdi

Stereo-Konzertschrank Rossini

Das Chassis HF 300 wird in 5 Modelle eingebaut : in den Stereomeister 3000 sowie die Stereo-Konzertschränke Verdi, Rossini, Rothenfels und Nymphenburg.

Außerdem ist es in der GRUNDIG Baustein-Serie unter der Bezeichnung Rundfunk-Empfangsteil HF 300 als Einbauchassis erhältlich.

Technik und Formgestaltung dieser Messe-Neuheiten versprechen Ihnen gute Verkaufserfolge — Erfolge mit GRUNDIG.

FUNK-TECHNIK

RUNDFUNK · FERNSEHEN
PHONO · HI-FI-TECHNIK
MAGNETTON · AMATEURFUNK
MESSTECHNIK · ELEKTRONIK

AUS DEM INHALT

2. MAIHEFT 1966

gelesen · gehört · gesehen 368

FT meldet 370

Bedeutung und Probleme der industriellen Forschung 373

Halbleiter
Entwicklungstendenzen bei Transistoren · HF-Leistungstransistoren 375

Fernsehen
Elektronisch abstimmbarer UHF-Verstärker auf der Basis von doppelseitig mit leitender Folie beschichtetem Dielektrikum 376

Rundfunk
UKW-Teil mit Silizium-Planartransistoren 379

Von Sendern und Programmen 380

Farbfernsehen
Einführung in die Farbfernsehtechnik ..... F 9

Magnetton
Die Aufzeichnungstechnik des „System DC-International" . 383

Kommerzielle Funktechnik
Interkanalmodulation in kommerziellen transistorisierten FM-Empfängern 386

Für den KW-Amateur
Zwei Bausätze für Allwellenempfänger 389

Für den jungen Techniker
Hochfrequenzoszillatoren mit Schwingkreisen 392

Durch Messen zum Wissen 393

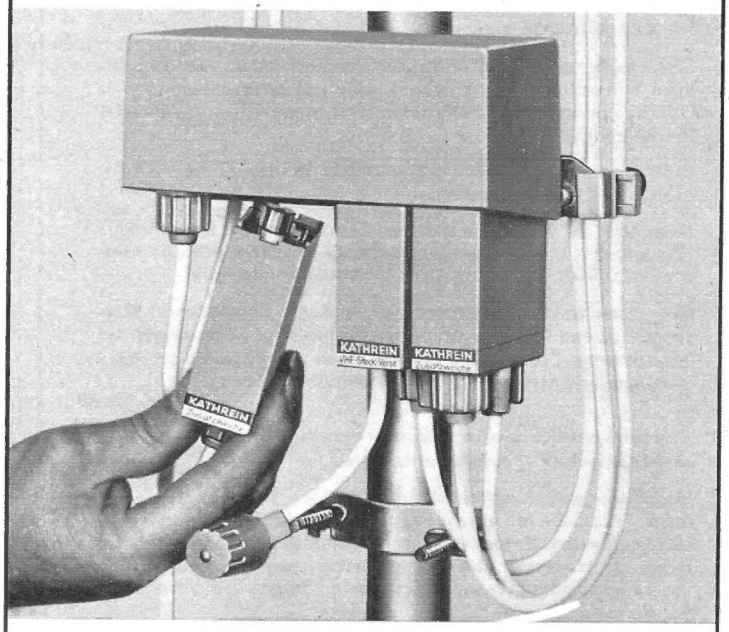
Unser Titelbild: Das größte privatwirtschaftlich finanzierte starkstromtechnische Forschungszentrum Europas wurde von den Siemens-Schuckertwerken in vierjähriger Bauzeit bei einem Kostenaufwand von nahezu 100 Millionen DM im Süden der Universitätsstadt Erlangen errichtet. Das Bild zeigt den Teil einer Hochspannungsanlage für 400000 Volt. Die Anlage versorgt einen Neutronengenerator, der kernphysikalischen Untersuchungen dient. Bei diesen Versuchen werden schwierige Probleme der Reaktortechnik und Materialuntersuchungen sowie physikalisch-wissenschaftliche Probleme gelöst.

Aufnahme: Siemens-Pressebild

Aufnahmen: Verfasser, Werkaufnahmen. Zeichnungen vom FT-Atelier nach Angaben der Verfasser. Seiten 366, 371, 372, 381, 382, 387, 391, 395 und 396 ohne redaktionellen Teil

Karlsruhe

Ein Schritt voraus mit Kombi STECK



Kennen Sie auch das Problem der kleinen Gemeinschafts-Anlagen? Große Verstärker sind teuer, bei kleinen Typen ist die Montage zu umständlich und zu schwierig. Aber jetzt gibt es dafür eine Lösung: Das neue KATHREIN-Kombisteck-System! Aber das Kombisteck-System kann noch mehr! Es kann auch als vielseitig kombinierbares Weichensystem verwendet werden, und als Kleinverstärker für Einzelanlagen. Noch mehr Einzelheiten über das Kombisteck-System finden Sie in unserer Druckschrift F 380.
Wir halten sie für Sie bereit!

Nr. F 0160 366

KATHREIN

A. KATHREIN 82 ROSENHEIM
Älteste Spezialfabrik für Antennen und Blitzschutzapparate
Postfach 260 Telefon (0 80 31) 38 41

Neuerscheinung

HEINZ RICHTER

Elektrotechnische Experimentier-Praxis

Elementare Radio-Elektronik

AUS DEM INHALT:

Einleitung

Elektrotechnische und elektronische Grundlagen im Experiment

Erscheinungsformen und Wirkungen der Elektrizität: Ohne künstliche Hilfsmittel wahrnehmbare elektrische Erscheinungen · Durch umformende Hilfsmittel wahrnehmbare elektrische Erscheinungen

Erzeugung von Elektrizität: Elektrizität in der Natur · Künstliche Elektrizitätserzeugung

Messungen zu den Grundgesetzen: Elektrostatische Messungen · Messungen zu den Grundlagen der Gleichstromtechnik · Messungen zu den Grundlagen der Wechselstromtechnik

Messungen zu den Grundlagen elektronischer Bauelemente: Messungen zu den Grundlagen der Röhrentechnik · Messungen an Transistoren · Versuche und Messungen zur Photoelektrizität · Versuche und Messungen mit Gasentladungsröhren

Experimentelle Untersuchung rundfunktechnischer und elektronischer Grundschaltungen

Hochfrequenzempfangstechnik: Grundlagen des Rundfunkempfangs · Versuche mit einem einfachen Detektorempfänger · Versuche mit einem einfachen Transistorempfänger · Anodengleichrichter (Richtverstärker) · Gittergleichrichter (Audion) · Überlagerungsprinzip (Transponierungsempfänger) · Hochfrequenzverstärkung

Niederfrequenztechnik und Elektroakustik: Wichtige allgemeine Grundlagen · Tonfrequenzverstärker mit Röhren · Tonfrequenzverstärker mit Transistoren · Tonfrequenzerzeuger · Tonfrequenzverbraucher

Elektronische Generatoren: Wichtige allgemeine Grundlagen elektronischer Generatoren · Röhrensender für Hochfrequenz · Transistorsender für Hochfrequenz · Tonfrequenzgeneratoren für Sinusschwingungen · Generatoren für verzerrte Schwingungen

Elektronische Schaltungstechnik: Stabilisierungsschaltungen · Frequenzteilung · Photoelektronik · Heißleitertechnik · Grundlagen des Thyratrons

243 Seiten · 157 Bilder · 301 Versuche · Ganzleinen 23,- DM

Zu beziehen durch jede Buchhandlung im Inland und Ausland sowie durch den Verlag *Spezialprospekt auf Anforderung*

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH

Berlin-Borsigwalde · Postanschrift: 1 Berlin 52

Jahresbericht des Battelle-Instituts

Der Jahresbericht der Frankfurter Battelle-Laboratorien zeigt die bisher stärkste Steigerung der wertmäßigen Leistungen des gemeinnützigen Forschungsinstituts: von 19,4 Millionen DM im Jahre 1964 auf 25 Millionen DM im Jahre 1965. Dieser Betrag verteilte sich etwa je zur Hälfte auf Industrie- und Behördenaufträge. Zahlenmäßig wurden mit der Industrie 364 Verträge und mit den Behörden 90 Verträge abgeschlossen. Gegenwärtig sind 870 Mitarbeiter beschäftigt, davon zwei Drittel Wissenschaftler und Techniker.

Hilfe für Erfinder

Am 22. März 1966 wurde in Frankfurt/Main im Rahmen der Battelle-Organisation die *Battelle-Entwicklungs-Gesellschaft mbH* gegründet.

Ziel der *Battelle-Entwicklungs-Gesellschaft* ist es, in gemeinnütziger Weise Erfindungen und Ideen so weit zu fördern, bis ihre Durchführbarkeit und ihr wirtschaftlicher Sinn bewiesen ist. Ideen und Erfindungen, die bisher nicht weiter verfolgt werden konnten, weil sie beispielsweise ihrer Zeit zu weit voraus waren und daher keine Geldgeber fanden, können der *Battelle-Entwicklungs-Gesellschaft* angeboten werden. Die Prüfung einer Erfindung erfolgt seitens der *Battelle-Entwicklungs-Gesellschaft* unter Zusicherung vertraulicher Behandlung kostenlos.

Die neue Gesellschaft ist nur an solchen Erfindungen interessiert, die noch einer Entwicklung bedürfen. Sie erwirbt keine Erfindungen, die bereits produktionsreif sind und tritt auch nicht als Makler auf.

Die *Battelle-Entwicklungs-Gesellschaft* arbeitet eng mit der *Battelle Development Corporation*, Columbus (Ohio), zusammen, die seit 1935 besteht und die gleiche Zielsetzung hat.

160 000 Tonbänder im Schallarchiv des Bayerischen Rundfunks

Das Schallarchiv des Bayerischen Rundfunks steht mit einem gegenwärtigen Bestand von 160 000 Tonbändern und 18 000 Schallplatten an der Spitze aller in der ARD zusammengeschlossenen Rundfunkanstalten. Die monatliche Zunahme an Archivmaterial beträgt im Durchschnitt etwa 1800 Bänder und 200 Schallplatten. Im Jahre 1965 wurden 209 891 Tonbänder ausgegeben; zehn Jahre vorher, im Rechnungsjahr 1954/55, waren es nur 113 090. Die tägliche Bandbewegung, das heißt die Archivierung, Ausgabe und Rücknahme der Bänder, verdoppelte sich in den letzten zehn Jahren von 688 auf 1418 Stück.

Farbfernsehen im Flugzeug

Die Air France erprobt an Bord einer Boeing das Secam-Farbfernsehsystem mit dem Ziel, Farbfernsehdarbietungen als Bordservice einzuführen. (Zur Zeit werden den Fluggästen der Langstreckendienste Breitwand-Filmprojektionen sowie Stereo-Musik in zehn wählbaren Programmen geboten.)

Transportable Lichtsteller für Fernsehreportagen

Um für Fernsehaufnahmen zum Übertragen von aktuellen Ereignissen aus Hallen und Sälen studioähnliche Beleuchtungsverhältnisse zu ermöglichen, haben unter anderem die *Siemens-Schuckertwerke* transportable Lichtstellanlagen in Kofferform entwickelt. Die erste Anlage, die übrigens auch die erste größere dieser Art in Europa darstellt, wurde vom Westdeutschen Rundfunk Köln bestellt.

Die transportablen Anlagen, bei denen die Leistung mit Thyristoren gesteuert wird und für die ausschließlich Silizium-Halbleiter verwendet sind, haben einen Großteil der technischen Vorzüge ortsfester Anlagen (zum Beispiel lichtlineare Steuerkennlinie, lichtproportionale Auf- und Abblendung von Lampengruppen, lichtlineare Überblendung, Spannungsregelung durch Ist- und Sollwert-Vergleich und Gruppensteuerung, -wahlschaltung und -speicherung).

Mit den Koffereinheiten der Lichtstellanlage lassen sich Steuerungen für Beleuchtungsgeräte, angefangen von einer für sich vollbetriebsfähigen Untereinheit mit vier bis zu einer Kombination mit 128 Stromkreisen aufbauen.

Die vom WDR bestellte Anlage ist für 64 steuerbare 2,5-kW-Beleuchtungsstromkreise ausgelegt. Die kleinste Anlage, bei der die Möglichkeiten der Fernbedienung mit Stellhebeln, Kreuzschienenverteilern und Regiepult voll ausgenutzt werden können, umfaßt als sogenannte Volleinheit außer 16 schaltbaren Kreisen bis 10 kW ebenfalls 16 steuerbare 2,5-kW-Stromkreise, von denen sich je 2 wahlweise zu einem 5-kW-Stromkreis parallel schalten lassen.

Integrierter Breitband-ZF-Schaltkreis SL 500 für 100 MHz Grenzfrequenz

Die *Semiconductors Ltd.*, eine Firma der englischen *Plessey*-Gruppe, fertigt jetzt in großer Stückzahl auch einen Integrierten Schaltkreis SL 500 auf Silizium-Grundlage. Der SL 500 ist für die Verwendung in ZF-Verstärkern für Frequenzen zwischen 10 und 60 MHz vorgesehen (Gewinn etwa 20fach). Seine Grenzfrequenz liegt bei 100 MHz und der Rauschfaktor bei etwa 6 dB.
Der Integrierte Schaltkreis kann bei Temperaturen zwischen —55 °C und +125 °C verwendet werden.

Integrierte Schaltkreise von RCA

In einer neuen Übersicht (DIN A 4, 12 S.) bringt die *RCA* technische Daten und Schaltungen von Integrierten Schaltkreisen. Außer acht digitalen Schaltkreisen (Erweiterung auf vierzehn Schaltkreise vorgesehen) stellt die *RCA* jetzt auch serienmäßig neun lineare Schaltkreise her (Erweiterung auf elf Einheiten vorgesehen). Größere Stückzahlen sind allerdings erst ab Anfang 1967 lieferbar.

Mikro-Schaltkreise von SGS-Fairchild

Eine neue Sammelliste „microcircuits planar selector" (etwa DIN A 4, 24 S.) von *SGS-Fairchild* ist eine Ergänzung zu den bereits herausgegebenen Total-Planar-Sammellisten. Sie enthält nähere Daten, Schaltungen und Anwendungsbeispiele von über 100 integrierten logischen Schaltungen sowie linearen Schaltkreisen (RTL, Milliwatt RTL, DTL, TTL und CTL).

Ungesockelte Glimmlampen von Cerberus

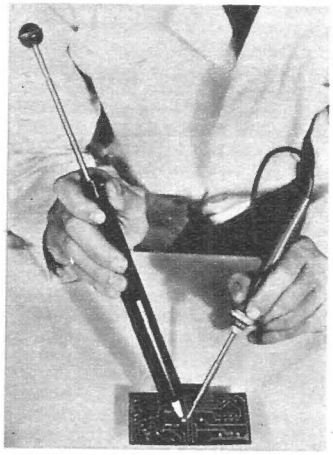
Als Anzeigelampen für Kleingeräte eignen sich die ungesockelten Glimmlampen „GL" von *Cerberus*, die es in mehreren Farben und Größen gibt. Acht verschiedene Typen werden mit ihren wichtigsten technischen Daten in einem Prospektblatt vorgestellt.

Hirschmann-Autoantennen-Katalog

Zum Saisonbeginn ist die Ausgabe 1966/67 des 52seitigen *Hirschmann*-Autoantennen-Katalogs „DS 1" erschienen. Der Katalog gibt einen Überblick über das vollständige *Hirschmann*-Autoantennen-Programm. Über die Einbaumöglichkeiten informiert eine umfangreiche Tabelle.

Entlötgerät von Ersa

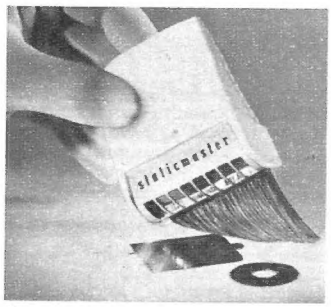
Das Entlöten, das heißt das Herausnehmen einzelner Bauelemente aus einer gedruckten Schaltung, ist im Labor oder bei der Reparatur nicht immer ganz leicht. Die *Ernst Sachs KG (Ersa)* entwickelte hierfür jetzt ein handliches Werkzeug. Bei diesem Entlötgerät handelt es sich um eine kleine Saugpumpe, deren Kolben in einer bestimmten Stellung gespannt und plötzlich (durch Betätigen eines Knopfes) freigegeben wird. Der dadurch geschaffene



starke Unterdruck saugt das vorhandene Lot an, wenn das Lot gleichzeitig mit Hilfe eines Lötkolbens erhitzt wurde.

Reinigungsbürste mit Poloniumquelle

Bei der Montage von Geräten treten infolge elektrostatischer Aufladung oft Handhabungsschwierigkeiten und Verstaubungsprobleme auf. Die Ladungen lassen sich mit Hilfe einer neuen „Staticmaster"-Bürste der *Nuclear Products Comp.*, El Monte, Cal./USA (deutsche Vertretung *F. Laetsch*, 6 Frankfurt a. M.) beseitigen, die eine 500-µC-Poloniumquelle enthält. Der entstehende Alphateilchenschauer ionisiert die



Luftschicht über der zu reinigenden Fläche und ermöglicht so die leichte Entfernung der Staubteilchen mit den Borsten.

REVOX

Durch Fertigung in Deutschland - jetzt bedeutende Preissenkung:
Kofferausführung G 36 DM 1395,—+)
Chassisausführung G 36 DM 1295,—+)
Das Drei-Motoren-Laufwerk des REVOX-Tonbandgerätes ist seit über zehn Jahren richtungweisend. Diese Bauart, sonst nur bei Studiogeräten üblich, ergibt große Zuverlässigkeit und hervorragende Eigenschaften. REVOX-Stereo-Tonbandgeräte bewähren sich im harten berufsmäßigen Einsatz, überall dort, wo Außergewöhnliches verlangt wird.
Sie sollten nicht versäumen, sich über REVOX-Tonbandgeräte zu informieren. Lieferung über den Fachhandel. Ausführliche Unterlagen stehen zu Ihrer Verfügung.

REVOX GmbH. Abt. 10B, 7829 Löffingen, Talstraße 7

+) Unverbindlicher Richtpreis, zuzüglich DM 32,— GEMA-Ablösung für private Überspielungsrechte.

ROKA

ANTENNENSTECKER UND BUCHSEN

NACH IEC- UND DIN-NORM

Kein Löten!

Montage der Stecker durch einfache und zeitsparende Quetschverbindung

Kein Schrauben!

Buchse eindrücken und schon fester Sitz im Chassis durch Einrasten von 2 federnden Keilen

Schnell · Bequem · Fortschrittlich

ROBERT KARST · 1 BERLIN 61

GNEISENAUSTRASSE 27 · TELEFON 66 56 36 · TELEX 018 3057

MILANO ICE ITALY

präsentiert das neue

Universalmeßgerät Modell 680 E 20000 Ohm/Volt

Genauigkeit:

Gleichspannung ± 1 %
Wechselspannung ± 2 %

Jetzt mit:

- Eingebautem Wechselstrombereich 0 - 2,5 A
- Spiegelskala
- Drehspulinstrument 40 µA mit Kernmagnet (keine induktiven Einflüsse mehr)
- 1000fachem Überlastungsschutz in allen 49 Meßbereichen
- Garantie 6 Monate

Preis kompl. mit Tasche und Prüfschnüren **DM 124,-**

Generalvertretung der BRD

Erwin Scheicher & Co. OHG

München 59, Brünnsteinstraße 12

Erhältlich in allen Fachgeschäften

FT meldet.. FT meldet.. FT meldet.. FT

130 Ingenieurschulen in der Bundesrepublik

Die VDI-Hauptgruppe Ingenieurausbildung des Vereins Deutscher Ingenieure hat nach Angaben der Kultusministerien ein neues Verzeichnis der Ingenieurschulen (Stand 1. 1. 1966) herausgegeben, das 130 Ingenieurschulen enthält. Seit 1964 sind zwei neue Ingenieurschulen in Wilhelmshaven und Hamburg-Bergedorf eröffnet worden. Sechs weitere Ausbildungsstätten erhielten vom zuständigen Kultusministerium den Status einer Ingenieurschule. Die 130 Ingenieurschulen in der Bundesrepublik haben insgesamt 65 000 Studierende.

Neuer Vorstand der Arbeitsgemeinschaft INTERKAMA

Dipl.-Ing. Eugen W. Hammann-Kloss, Präsidialmitglied des ZVEI und Vorsitzender des Fachverbandes 15 „Elektrische Meßtechnik" des ZVEI, wurde an Stelle des zurückgetretenen Präsidenten der INTERKAMA 1965, Dr.-Ing. E. h. Georg Bleisteiner, zum Vorsitzenden der Arbeitsgemeinschaft INTERKAMA gewählt.

Als erster stellvertretender Vorsitzender wurde Dipl.-Ing. Fritz L. Reuther, Vorstandsmitglied des Verbandes der Deutschen Feinmechanischen und Optischen Industrie e. V. und Vorsitzender von dessen Fachgruppe Meß- und Regeltechnik, als zweiter stellvertretender Vorsitzender Dr. Berthold Sturm, Normenarbeitsgemeinschaft für Meß- und Regeltechnik in der chemischen Industrie, gewählt und als Leiter des Kongreßbeirates Prof. Dr. Ludwig Merz, TH München, bestätigt.

Zweigwerk Heide der Dr. B. Beyschlag Apparatebau GmbH

Am 23. April 1966 wurde das neue Zweigwerk der Dr. Bernhard Beyschlag Apparatebau GmbH in Heide/Holstein mit einer kleinen Feier eingeweiht. Der Bau dieses Betriebes war notwendig geworden, weil die Personalreserven auf der Insel Sylt erschöpft sind. Der erste Spatenstich erfolgte am 10. Mai 1965. Genau acht Monate später, im Januar 1966, lief planmäßig auch in Heide die Produktion von Widerständen für die elektronische Industrie an. Zum Zeitpunkt der Einweihung erreichte sie die beabsichtigte Höhe.

Neues Grundig-Werk in Portugal

Am 21. April 1966 weihte Konsul Max Grundig in Braga (Nord-Portugal, 50 km nordwestlich vom Atlantikhafen Porto) ein neues Grundig-Werk ein. Auf einer Gesamtgrundfläche von 9400 m² wurde dort im Laufe des letzten Jahres ein zweistöckiges Gebäude mit ebenerdiger Fertigungshalle errichtet (Gesamtnutzfläche 13 600 m², Fertigungsfläche 4500 m²). Zur Zeit werden in Braga von 300 Beschäftigten Transistor-Rundfunkgeräte („Transonetten", „Music-Boy") hergestellt. Eine Ausweitung der Fertigung auf Tonbandgeräte und Fernsehempfänger und eine Erhöhung der Belegschaftszahl auf etwa 1000 Beschäftigte ist vorgesehen. Das Werk hat fünf Montagebänder und modernste Prüffeldmeßtechnik.

General Electric übernimmt Kuba/Imperial

Gerhard Kubetschek, der Alleininhaber der zur Kuba/Imperial-Gruppe gehörenden Unternehmungen (Gesamtumsatz im Jahre 1965 rund 220 Millionen D-Mark) hat seine Firmengruppe an die General Electric Company (USA) veräußert. Er wird jedoch die Leitung aller zur Kuba/Imperial-Gruppe zusammengefaßten Firmen behalten. General Electric beabsichtigt, die Schlüsselpositionen auch weiterhin mit Deutschen zu besetzen.

Die bisherigen Markennamen „Kuba" und „Imperial" werden auch in Zukunft benutzt. Es ist geplant, das Produktionsprogramm zu erweitern und neue Produkte auf dem Markt in Deutschland und der EWG einzuführen.

Motorola baut Halbleiterwerk in Frankreich

Für eine neue Halbleiter-Fertigungsanlage hat Motorola bei Toulouse ein 220 000 m² großes Gelände erworben. Vorerst ist die Errichtung von Produktionsstätten mit einer Fläche von 5600 m² geplant. Die Fertigung soll Dioden, Transistoren und integrierte Schaltkreise umfassen und mit einer Belegschaft von zunächst 300 bis 500 Mitarbeitern Ende 1967 aufgenommen werden.

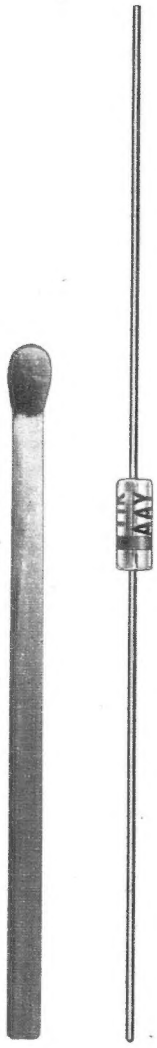
Erweiterung des Rechenzentrums Hamburg der IBM

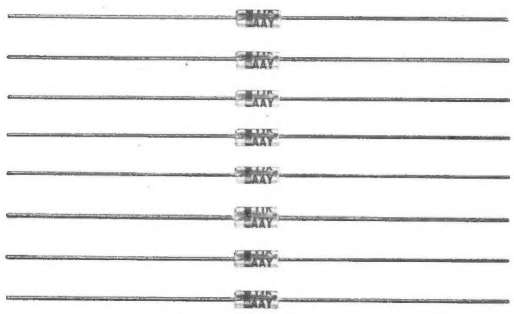
Im Rechenzentrum Hamburg der IBM wurden zwei neue Datenverarbeitungsanlagen IBM „System/360" (Modell „40" und Modell „30") installiert. Zur Zeit sind in der IBM-Niederlassung Hamburg (einschließlich sieben Außenstellen) über 400 Mitarbeiter tätig. Ein 17geschossiges Hochhaus ist in der Ost-West-Straße/Dovenfleet im Bau. Es wird nach Fertigstellung Mitte 1967 auf einer Nutzfläche von 8400 m² alle Hamburger IBM-Dienststellen aufnehmen. Ein vorgesetzter, zweigeschossiger Pavillonbau ist eigens für das Rechenzentrum bestimmt.

Neue Tonband-Fernkurse des Rings der Tonbandfreunde

Die im Auftrag des Rings der Tonbandfreunde herausgegebenen Tonbandkurse sind um vier neue Titel erweitert worden. „Augen auf beim Mikrofon-Einkauf" heißen die Tonbandkurse Nr. 14 (1. Teil) und Nr. 15 (2. Teil). Der Kurs Nr. 16 vermittelt Ratschläge für gute Mikrofonaufnahmen in Innenräumen, und Tonbandkurs Nr. 17 enthält Ausschnitte der besten Aufnahmen des NWT- und des IWT-Wettbewerbs 1965. Die Kurse werden gegen eine Gebühr zwischen 1,50 DM und 2,50 DM auf eingesandtes Leermaterial kopiert und können bei H. Bluthard, 7 Stuttgart 1, Neue Brücke 6, angefordert werden.

TELEFUNKEN





Germanium-Planardiode
AAY 41

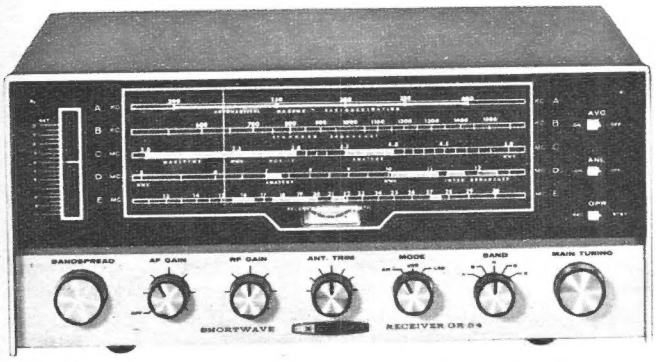
eine zuverlässige Diode mit großem
Durchlaß/Sperrstrom-Verhältnis
für schnelle Schaltaufgaben
in Analogrechnern und Meßgeräten

TELEFUNKEN Aktiengesellschaft
Fachunterbereich Halbleiter – Vertrieb
7100 Heilbronn 2, Postfach 1042

TELEFUNKEN-Bauelemente für Elektronik
und Nachrichtentechnik
immer zuverlässig und von hoher Präzision

Neues für den Kurzwellen-Amateur von

HEATHKIT®



GR-54 E

NEU

Kurzwellen-Empfänger GR-54 E

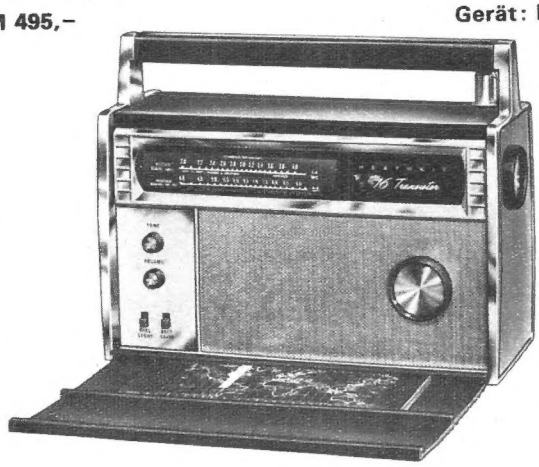
Dieser moderne und leistungsfähige Kurzwellen-Empfänger der Spitzenklasse verfügt nicht nur über drei gespreizte KW-Bänder und einen Mittelwellenbereich, sondern als Besonderheit auch noch über das internationale Luft- und Seefahrt-Navigationsband zwischen 180 und 420 kHz. Das Gerät ist mit allen technischen Raffinessen ausgestattet, die man sich nur wünschen kann, z. B. Quarzfilter für optimale Trennschärfe, Produktdetektor für SSB- und CW-Empfang, Umschalter für das obere und untere Seitenband, eingebautes S-Meter, eingebautes Morse-Übungsgerät, kontinuierliche Bandspreizung, abschaltbare Störbegrenzung, AVC, Antennentrimmer und viele andere Extras, die man sonst nur bei Geräten der oberen Preisklasse findet.
Technische Daten: Frequenzbereiche: Band A 180 bis 420 kHz, Band B 550 bis 1550 kHz, Band C 2 bis 5 MHz, Band D 5 bis 12,5 MHz und Band E 12,5 bis 30 MHz; **Trennschärfe:** etwa 3 kHz bei —6 dB, 8 kHz bei —20 dB; **ZF:** 1682 kHz; **Antenneneingang:** 50 Ω; **Röhrenbestückung:** 6 Röhren + 6 Dioden; **Sonstiges:** Silizium-Netzgleichrichter, eingebauter Lautsprecher, Anschlußbuchsen für Zusatzlautsprecher, Kopfhörer und Morsetaste; **Netzanschluß:** 110/220 V, 50–60 Hz; **Leistungsaufnahme:** 45 W; **Abmessungen:** 370×160×278 mm; **Gewicht:** 12 kg.

Bausatz: DM 495,– **Gerät: DM 695,–**

Allband-Koffersuper GR-43

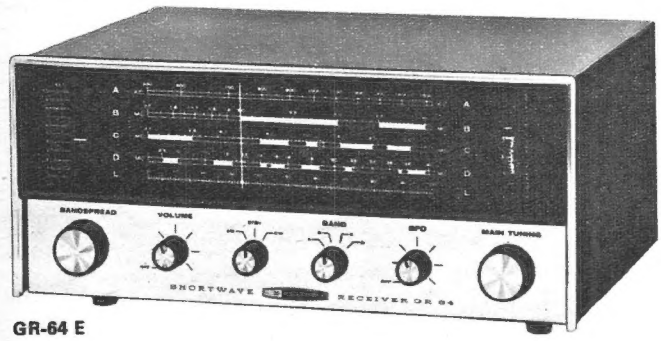
Ein tragbarer Allband-Weltempfänger der Luxusklasse mit 10 Wellenbereichen • Das erste Selbstbaugerät dieser Art auf der Welt • Dank modernster gedruckter Schaltungen mit 44 betriebsfertigen und vorabgeglichenen HF-Kreisen kann dieser hervorragende Koffersuper in 10 Stunden mühelos zusammengebaut werden • Langwellen-, Mittelwellen-, UKW- und sieben Kurzwellenbereiche (von 2 bis 22,5 MHz) erlauben einen erstklassigen Empfang an jedem Punkt unseres Erdballs • 16 Transistoren und 6 Dioden garantieren einwandfreie Wiedergabe in Hi-Fi-Qualität • Weitempfang durch eingebaute Ferritantenne und bis auf 1,5 m Länge ausziehbare UKW-Teleskopantenne • Große, übersichtliche Trommelskala mit direkt gekuppeltem Bereichsumschalter • Getrennte AM- und FM-Abstimmung mit abschaltbarer Abstimmautomatik • Abschaltbare Skalenbeleuchtung • Leistungsfähige NF-Endstufe (500 mW) und großer Ovallautsprecher garantieren höchste Wiedergabequalität • Patentierte Sparschaltung erhöht die Lebensdauer der sechs 1,5 V-Batterien um 35% • Einsteckbarer Netzvorsatz auf Wunsch lieferbar • Stabiles, zweifarbiges Aluminiumgehäuse mit hochglanzpolierter Frontplatte • Schutzdeckel mit Magnetverschluß, Weltzeitkarte und Frequenztabelle aller großen Rundfunksender der Welt • Gewicht: 8,5 kg • **Technische Daten:** auf Anfrage.

Bausatz: DM 895,– **Gerät (ohne Batterien): DM 1095,–**



GR-43

NEU



GR-64 E

Kurzwellen-Empfänger GR-64 E

Neben dem Mittelwellen-Empfang bietet dieser interessante Allband-Empfänger allen jungen Funkamateuren und Kurzwellenhörern die Möglichkeit, KW-Sendungen aus aller Welt zu empfangen, die mit einem normalen Rundfunkgerät nicht gehört werden können.
Technische Daten: Mittelwellen- und 3 Kurzwellenbereiche von 550 kHz bis 30 MHz, große Flutsichtskala, Bandspreizung, Abstimmanzeige durch Präzisions-Drehspulinstrument, Rauschunterdrückung, eingebaute Ferritantenne, großer Ovallautsprecher, Kopfhöreranschluß, einfachster Selbstbau in weniger als 9 Stunden dank weitgehender Verwendung gedruckter Schaltungen; **Netzanschluß:** 110/220 V, 50–60 Hz, 30 W; **Abmessungen:** 339×152×228 mm/7,2 kg.

Bausatz: DM 228,– **Gerät: DM 399,–**

Gute Nachricht für alle HEATHKIT-Freunde in Bayern!

Wir haben unser erstes HEATHKIT-ELEKTRONIK-ZENTRUM in München 23, Wartburgplatz 7, Tel. 338947 (Nähe Schwabinger Krankenh.) eröffnet.

HEATHKIT liefert:
Elektronische Meß- und Prüfgeräte
Hi Fi- und Stereo-Anlagen
Amateurfunkgeräte · Funksprechgeräte
Nautische Hilfsgeräte
Elektronische Musikinstrumente

Der Versand von HEATHKIT-Bausätzen innerhalb der Bundesrepublik und nach West-Berlin erfolgt porto- und frachtfrei. • Machen Sie von unseren günstigen Teilzahlungsbedingungen Gebrauch.

Ich bitte um Zusendung Ihres kostenlosen HEATHKIT-Kataloges 1966 ☐

folgender Einzelbeschreibungen: _____ ☐

Absender: _____
Name

Postleitzahl und Wohnort

Straße und Hausnummer (bitte in Druckschrift)

HEATHKIT-Geräte GmbH

6070 Sprendlingen bei Frankfurt
Robert-Bosch-Straße Nr. 32-38
Tel. (06103) 68971, 68972, 68973

HEATHKIT®

Zweigniederlassung: HEATHKIT Elektronik-Zentrum
8 München 23, Wartburgplatz 7, Telefon 33 89 47

Österreich
Daystrom Overseas Ges. mbH
Tivoligasse 74
1120 Wien XII

Schweiz
Schlumberger Instrumentation S. A.
8, Ave. de Frontenex
1211 Genf 6

Schlumberger Meßgeräte AG
Badener Straße 333
8040 Zürich 40
Telion AG
Albisriederstraße 232
8047 Zürich 47

Schweden: Schlumberger Svenska AB, Vesslevägen 2-4
Lidingö 1/Stockholm

21. JAHRGANG · 1966 Nr. 10

RUNDFUNK
FERNSEHEN
PHONO
MAGNETTON
HI-FI-TECHNIK
AMATEURFUNK
MESSTECHNIK
ELEKTRONIK

FUNK-TECHNIK

Chefredakteur: WILHELM ROTH
Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

Bedeutung und Probleme der industriellen Forschung

Die vor wenigen Tagen beendete Hannover-Messe zeigte besonders eindringlich den weitgespannten Rahmen der angewandten Elektronik. Deutlich trat dabei zutage, daß zum Beschreiten neuer Wege ein großer Aufwand an Forschung notwendig ist. Zu diesem Thema enthält auch der Geschäftsbericht 1965 der Deutschen Philips-Unternehmen grundsätzliche Hinweise, denen wir auszugsweise die nachstehenden Ausführungen entnehmen.

Die Hauptaufgabe industrieller Forschung ist es, durch ihre Erkenntnisse ständig Möglichkeiten für verbesserte oder prinzipiell neue Ergebnisse und Verfahren zu schaffen, damit die Unternehmen ihre Position innerhalb ihrer Marktgebiete stärken oder zumindest behaupten können.

Der Forschungsaufwand, der zu diesem Zweck aufgebracht werden muß, wird weitgehend durch das Tempo der Entwicklung in den verschiedenen Marktbereichen bestimmt. In Gebieten, die durch eine gewisse Stabilität der technischen Anforderungen des Verbrauchers und folglich durch eine entsprechende Reife der Produkte gekennzeichnet sind, wird dieser Forschungsaufwand verhältnismäßig gering sein. Die wesentliche Aufgabe liegt dann bei der Entwicklung, die sich durch Einsatz neuer Materialien und Verfahren auf die Vervollkommnung ihrer Erzeugnisse konzentriert. Wenn es sich dabei jedoch um für das Unternehmen sehr wichtige Marktgebiete handelt, ist auch hier auf Grund defensiver Überlegungen eine verstärkte Forschungsaktivität erforderlich. Oft genug hat sich nämlich gezeigt, daß durch neue Forschungsergebnisse auch in einigermaßen stabilisierten Bereichen stürmische Entwicklungen hinsichtlich technischer Ausführungsformen der Produkte und Erschließungen neuer Anwendungsmöglichkeiten ausgelöst wurden.

Ihr wesentliches Betätigungsfeld findet die industrielle Forschung jedoch in Bereichen, in denen weder die technische Entwicklung noch die Anforderungen seitens der Verbraucher ein stabiles Stadium erreicht haben. Gerade im Bereich der elektronischen Industrie bewirken die in erstaunlichem Tempo erreichten Ergebnisse auf Gebieten wie Raumfahrt und Datenverarbeitung nicht nur eine stark dynamische Entwicklung in den zugeordneten Marktgebieten, sondern haben darüber hinaus auf wesentliche Teile des Konsumgütermarktes entscheidenden Einfluß. Beispielhaft für ein Gebiet mit starker Dynamit, größtenteils hervorgerufen durch intensive Wechselwirkung mit den genannten wissenschaftlichen Großprojekten, ist der Sektor der elektronischen Bauelemente.

Mit dieser Entwicklung Schritt zu halten, setzt bereits einen beträchtlichen Forschungsaufwand voraus. Um darüber hinaus auf einigen Gebieten eine gewisse Marktinitiative zu erlangen, sind zusätzlich gezielte Forschungsvorhaben in erheblichem Umfang durchzuführen. Eine solche Forschungsaktivität ist nämlich nur dann sinnvoll, wenn es gelingt, innerhalb der Generationsdauer der technischen Erzeugnisse neue richtungsweisende Ergebnisse zur Verfügung zu stellen und, darauf basierend, neue Produkte zu schaffen.

Obgleich sich die technischen Konsequenzen der gegenwärtigen Forschungsaktivität erst in Zukunft werden realisieren lassen, müssen die hierfür erforderlichen Mittel schon aus den derzeitigen Ergebnissen des Unternehmens aufgebracht werden. Der Forschungsaufwand findet also seine natürliche Grenze in der Forderung der wirtschaftlichen Angemessenheit der Forschungsaufgaben. Betrachtet man den weitgespannten und oftmals heterogenen Geschäftsbereich eines Unternehmens, so ist klar, daß nicht jeder Sektor gleichermaßen intensiv durch die Forschung unterstützt werden kann. Vielmehr müssen unter Berücksichtigung bestimmter marktstrategischer Überlegungen Schwerpunkte für die Forschungsaktivität gebildet werden.

Aus verschiedenen Gründen wäre es nicht richtig, wenn die Forschung sich ausschließlich auf solche Schwerpunkte beschränken würde. Die Intensität, mit der heutzutage Forschung betrieben wird, und der innere Zusammenhang der einzelnen naturwissenschaftlichen Forschungsrichtungen erfordern eine breite Skala der verschiedensten Disziplinen, um Forschungsergebnisse zu erreichen, die den technischen Fortschritt tatsächlich entscheidend fördern. Das Forschungsprogramm muß so gestaltet sein, daß es nicht nur die Schwerpunktaktivitäten abdeckt, sondern eine allgemeine Basis schafft, von der aus durch wechselseitige Beeinflussung verschiedener Disziplinen neue Gesichtspunkte zum Tragen kommen können.

Nachdem das Forschungsprogramm unter Berücksichtigung der verschiedenen wissenschaftlichen, technischen und ökonomischen Erwägungen festgelegt worden ist, kann sich die Forschung ihrer eigentlichen Aufgabe zuwenden. Sie besteht im wesentlichen darin, neue Tatsachen, Zusammenhänge, Prinzipien und Methoden zu formulieren und zu interpretieren sowie ihre Bedeutung für neue technische Anwendungsmöglichkeiten zu erkennen und nachzuprüfen.

Zu den Ergebnissen der Forschung zählen im wesentlichen Prototypen, Systemkonzeptionen und spezialisierte technisch-wissenschaftliche Erfahrungen und Verfahrenskenntnisse, die in Patenten und Veröffentlichungen niedergelegt werden. Über den direkten gewerblichen Nutzen hinaus haben diese Ergebnisse für das Unternehmen jedoch weitreichende Konsequenzen imponderabler Art. Die Bedeutung beispielsweise von Patenten liegt nicht allein darin, daß sie dem Unternehmen für eine gewisse Zeit Schutzrechte für die mit großem Aufwand errungenen Erfindungen gewähren und damit die Basis geben für eine erfolgreiche Lizenzpolitik. Patente schaffen darüber hinaus die Möglichkeit, Arbeiten über wissenschaftliche und technische Fortschritte zu veröffentlichen und mit Fachkollegen anderer Unternehmen Gedanken und Erfahrungen auszutauschen, ohne den Verlust von Prioritäten befürchten zu müssen. Damit werden einerseits wesentliche Beiträge zum allgemeinen Stand der Wissenschaft und Technik geleistet, in dem ja schließlich auch die eigenen Forschungsvorhaben verwurzelt sind, während auf der anderen Seite das Ansehen des Unternehmens und sein Einfluß auf die Entwicklung der Technik gefördert werden.

Die Vielfalt, Schwierigkeit und rasch wechselnde Problematik der Industrieforschung verlangt eine große Anzahl hochqualifizierter Wissenschaftler. Ihr Niveau wird in starkem Maße durch die Güte der Ausbildung an unseren Universitäten und technischen Hochschulen bestimmt, die damit direkten Einfluß auf die industrielle und dadurch auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung ausüben. Hier liegen Probleme von so weitreichenden Konsequenzen, daß sich alle Verantwortlichen ihrer nachdrücklich annehmen sollten.

Die westeuropäische Industrie ist gegenüber ihren Konkurrenten in den USA insofern stark benachteiligt, als diesen durch Forschungsaufträge der öffentlichen Hand zahlreiche Möglichkeiten geboten werden, sich an wissenschaftlichen Großprojekten mit weitgesteckten Zielen zu beteiligen. Wie die Erfahrung zeigt, sind die dabei gewonnen Ergebnisse auch für die zivilen Märkte von weitreichender Bedeutung. Gerade in der elektronischen Industrie haben diese Projekte einen Umfang angenommen, der es der europäischen Industrie auf absehbare Zeit nicht möglich machen wird, gleichwertige Forschungsvorhaben aus eigenen Mitteln zu finanzieren. Aus der Sicht der industriellen Forschung erscheint daher eine erhöhte staatliche Förderung der Forschung auf breitester Basis, insbesondere eine verstärkte Vergabe von Forschungsaufträgen der öffentlichen Hand für Großprojekte wie Raumfahrt, Kernenergieanlagen und Datenverarbeitung wünschenswert — eine Aufgabe, der in Europa künftig besondere Bedeutung zukommen wird.

E. C. METSCHL, Siemens & Halske AG, München

Entwicklungstendenzen bei Transistoren · HF-Leistungstransistoren

DK 621.382.333

Halbleiter-Bauelemente werden heute in vielen Anwendungsgebieten der Elektrotechnik, insbesondere der Nachrichtentechnik, in steigendem Maße verwendet. Von den mannigfaltigen Arten, die es jetzt schon gibt, haben die Transistoren die umfassendste Bedeutung. Sie breiteten sich seit ihrer Erfindung im Jahre 1948 in der ganzen Elektrotechnik stürmisch aus, und ihr Erscheinen wirkte hier mindestens ebenso revolutionierend wie seinerzeit das Erscheinen der Elektronenröhre. Diese war bis dahin das einzige verstärkende (aktive) elektronische Bauelement, und es setzte nun eine in der Folgezeit immer weiter fortschreitende Ablösung der bisher in der Verstärkertechnik alleinherrschenden Hochvakuumtechnik durch die Festkörperphysik ein. Heute kann man oft hören, daß der Transistor die Elektronenröhre bald völlig verdrängt haben wird und daß man diese dann nur noch in Museen antreffen kann.

Tatsache ist, daß der Transistor in den vergangenen Jahren bereits sehr tief in das Gebiet der Unterhaltungselektronik eingedrungen ist und daß ihm die Elektronenröhre hier in absehbarer Zukunft wohl völlig weichen muß. Ähnlich wird die Lage auf dem Gebiet der sogenannten Weitverkehrsröhren werden, die speziell für die kommerzielle Nachrichtentechnik konstruiert sind. Die Entwicklung auf dem Gebiet dieser gittergesteuerten Elektronenröhren ist zweifellos rückläufig, und man wird ihre Fertigung erheblich einschränken müssen. Dies alles bedeutet aber noch nicht das Ende für die Elektronenröhre überhaupt. Man darf nicht vergessen, daß den Transistoren infolge der Laufzeiterscheinungen hinsichtlich der Frequenz nach oben hin Grenzen gesetzt sind. Dies gilt zwar auch für die gittergesteuerten (dichtemodulierten) Elektronenröhren, nicht aber für die (geschwindigkeitsmodulierten) Laufzeitröhren, in denen die Laufzeiten der Elektronen zur Verstärkung und Selbsterregung ausgenutzt werden. Ferner kann man mit Röhren erheblich höhere Leistungen erreichen als mit Transistoren. Abgesehen von einer Reihe von Spezialanwendungen, für die der Transistor niemals in Frage kommen wird, dürfte die Elektronenröhre im Höchstfrequenz- und im Hochleistungsgebiet – beide für die Technik von sehr großem Interesse – für den Transistor nicht erreichbar sein. Bild 1 gibt einen Überblick über die Frequenz- und Leistungsverhältnisse bei Elektronenröhren und bei Halbleiter-Bauelementen nach dem heutigen Stand der Entwicklung [1, 2]. Den Bereich unterhalb von Kurve *a* beherrschen die Halbleiter-Bauelemente, den Bereich oberhalb von Kurve *b* nach wie vor die Elektronenröhren. In den Zwischenbereich werden die Halbleiter-Bauelemente voraussichtlich noch sehr tief eindringen, und die eingezeichneten Kreise bezeichnen einige mit Transistoren heute bereits erreichte Werte [1 bis 5].

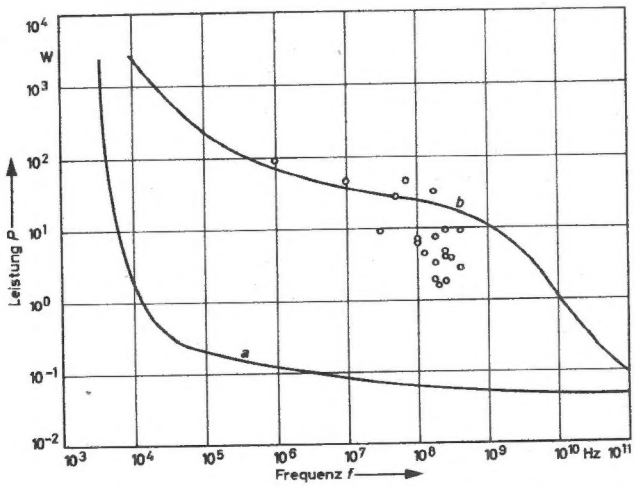


Bild 1. Anwendungsgebiete für Elektronenröhren und Festkörper-Bauelemente im Frequenzbereich bis etwa 10 GHz (Erläuterungen zu den Kurven im Text)

Im folgenden werden die Verfahren beschrieben, die man heute anwendet, um Transistoren mit möglichst hohen Grenzfrequenzen und Leistungen zu erhalten.

Hochfrequenztransistoren in Diffusionstechnik

Ebenso wie bei Elektronenröhren treten auch bei Transistoren Laufzeiteffekte auf. Die Ladungsträger benötigen zum Durchlaufen der Basisschicht endliche Zeiten. Solange diese Laufzeiten klein sind im Vergleich zur Periodendauer des steuernden Wechselfeldes zwischen Basis- und Emitteranschluß, haben sie für den Steuermechanismus keine Bedeutung. Da die Periodendauer $T = 1/f$ ist, also mit der Frequenz f kleiner wird, heißt dies, daß die obere Grenzfrequenz eines Transistors um so höher liegt, je kleiner die Basisdicke ist.

Das ursprüngliche Verfahren zum Erzeugen des Basisgebietes eines Transistors ist das sogenannte Legierungsverfahren. Danach wird beispielsweise ein *pnp*-Germaniumtransistor etwa wie folgt hergestellt: Auf ein *n*-dotiertes Germaniumscheibchen drückt man beidseitig zwei kleine, aus einem Indiumband ausgestanzte Indiumzylinder und legt das Plättchen auf das mit einem Zinnring versehene Basisblech aus Nickel. Das Ganze wird dann in einem Legierungsofen unter Schutzgasatmosphäre nach einem bestimmten Temperatur-Zeit-Programm erhitzt und abgekühlt. Dabei schmelzen die Indiumpillen zu beiden Seiten des Germaniumplättchens und legieren in dieses von beiden Seiten Indium ein. In der Legierungszone wird dadurch die *n*-Leitung in eine *p*-Leitung umgekehrt (invertiert), und es entstehen so im *n*-leitenden Germaniumplättchen das *p*-leitende Emitter- und Collectorgebiet.

Weil die Wanderungsgeschwindigkeit der auf diese Weise in das Germaniumplättchen gelangenden Indiumatome sehr groß ist, muß man den Legierungsvorgang zum Vermeiden eines Ineinanderlaufens der beiden *p*-leitenden Gebiete frühzeitig abbrechen, das heißt, der erreichbaren Basisdicke sind nach unten Grenzen gesetzt. Man kann nach diesem Verfahren mit der Basisdicke kaum weiter herunterkommen als auf 10 µm und erreicht deshalb mit legierten Transistoren nur obere Grenzfrequenzen bis zu etwa 50 MHz.

Ein Verfahren, das es erlaubt, Transistoren mit Grenzfrequenzen bis in das Gigahertzgebiet hinein herzustellen, ist das später entwickelte sogenannte Diffusionsverfahren. Man bringt dabei die vordotierte Grundsubstanz in eine hochtemperierte Gasatmosphäre von Akzeptoren oder Donatoren. Die Atome dieser Gase diffundieren dabei in die Grundsubstanz ein. Weil die Diffusionsfront erheblich gleichmäßiger und viel langsamer im Kristall vordringt als eine Legierungsfront, läßt sich die Diffusionstiefe genauer festlegen, und man kann deshalb auch viel dünnere Basisschichten herstellen: Man kommt mit der Basisdicke bis zu etwa 0,5 µm herunter. Außerdem nimmt bei eindiffundierten Basisschichten die Störstellendichte exponentiell mit der Eindringtiefe ab, während sie bei den beim Einlegieren von Emitter- und Collectorschichten als Basis verbleibenden Schichten aus vordotierter Grundsubstanz konstant bleibt.

Wenn man zum Beispiel in einen *n*-dotierten Kristall eine *p*-leitende Basis eindiffundiert und in diese durch einen zweiten Diffusions- oder auch durch einen Legierungsprozeß den *n*-leitenden Emitter einbringt, so ergibt sich innerhalb der Basis ein Störstellengefälle vom Emitter zum Collector hin. Dieses Konzentrationsgefälle hat das Auftreten eines elektrischen Feldes zur Folge. In diesem Driftfeld werden die Ladungsträger so beschleunigt, daß sich ihre Laufzeiten um bis zu 80 % gegenüber den Laufzeiten in stetig dotierten Basisschichten verkürzen.

Die bedeutendsten Herstellungsverfahren für diffundierte Transistoren sind die Mesatechnik und die Planartechnik, beide sehr ausgereifte Kombinationen von Diffusions-, Legierungs- und Maskierungstechnik. Diese Verfahren ermöglichen eine simultane Vielfachherstellung von Transistoren, beispielsweise von vielen Hunderten auf einer Grundsubstanzscheibe mit einem Durchmesser von nur etwa 30 mm und einer Dicke von etwa 0,3 mm. Im Unterschied zur Mesatechnik, bei der nur die Basis eindiffundiert, der Emitter aber einlegiert wird, werden bei der Planartechnik Basis und Emitter eindiffundiert [6].

Leistungstransistoren in integrierter Struktur

Der Leitungsmechanismus des Halbleiters ist durch die Diffusion von Ladungsträgern im Kristallgefüge von Festkörpern gekennzeichnet. Ein solcher Vorgang ist immer mit Kollisionen verbunden. Weil dabei Wärme erzeugt wird, treten Verluste ein. Bei den Elektronenröhren hingegen besteht der Leitungsmechanismus stets in einer Bewegung von Ladungsträgern im Vakuum, bei der keine Kollisionen auftreten und die deshalb auch verlustfrei abläuft.

Es ist ohne weiteres verständlich, daß in einem Halbleiter um so mehr Wärme erzeugt wird, je stärker der Ladungsträgerstrom ist. Bedenkt man nun noch, daß bei bestimmten Temperaturen im Halbleiter auch die Störstellen zu wandern und dadurch die elektrischen Eigenschaften des Halbleiters sich zu ändern beginnen und daß ferner die Eigenleitung eines Halbleiters gegenüber der seine Funktion hauptsächlich bestimmenden Störstellenleitung mit der Temperatur erheblich ansteigt, so wird klar, daß den mit Transistoren erreichbaren Leistungen vom Leitungsmechanismus her Grenzen gesetzt sind, die viel tiefer liegen als bei den Elektronenröhren. Die Grenztemperatur, die aus den genannten Gründen nicht überschritten werden darf, beträgt bei Germanium etwa 90 °C und bei Silizium etwa 150 °C.

Je besser es gelingt, die im Transistor entstehende Wärme abzuführen, um so stärker kann der Ladungsträgerstrom sein, und um so größer ist die erreichbare Leistung. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Größe der wirksamen Halbleiteroberfläche. Man kann diese aber nur bei Niederfrequenz-Bauelementen so weit, wie technologisch überhaupt möglich, vergrößern, da hier die mit der Tablettenvergrößerung verbundene Kapazitätsvergrößerung nur in Ausnahmefällen ins Gewicht fällt. So ist man bei Tabletten für Zwecke der niederfrequenten Leistungselektronik bereits bis zu Oberflächen von 600 mm² (Tablettendurchmesser rund 32 mm) gekommen, und man kann damit durch geeigneten Aufbau (zum Beispiel Scheibenzellen) Halbleiter-Bauelemente für Stromstärken von mehreren hundert Ampere herstellen [7, 8]. Die wirksamen Oberflächen von Hochfrequenz-Halbleiter-Bauelementen können dagegen zur Erreichung der nötigen Verstärkereigenschaften nur Bruchteile eines Quadratmillimeters groß gemacht werden. Dies bedeutet, daß im Vergleich zu Niederfrequenz-Halbleiter-Bauelementen das erreichbare, für die Wärmeabfuhr maßgebende Temperaturgefälle sehr klein ist und deshalb mit Einzelbauelementen nur sehr kleine Leistungen erreichbar sind.

Weil der Oberflächengröße von Hochfrequenz-Halbleiter-Bauelementen aus physikalischen Gründen sehr enge Grenzen gesetzt sind, befaßte man sich mit dem an sich naheliegenden Gedanken, eine Leistungssteigerung durch Parallelschalten von Einzelbauelementen herbeizuführen. Die herkömmliche Schaltungstechnik konnte wegen der dabei unvermeidbaren parasitären Kapazitäten und Induktivitäten nicht in Frage kommen, und eine Möglichkeit dazu bot sich erst mit der in letzter Zeit hochentwickelten Planartechnik an. Diese Technik ermöglicht ein gleichzeitiges Erzeugen von vielen hochwertigen Einzeltransistoren auf einem gemeinsamen Träger (Substrat) und ihre Zusammenfassung (Integration) zu einem Transistorsystem. Bild 2 zeigt die Fertigungsschritte eines in sogenannter integrierter Struktur (Overlaytechnik) hergestellten HF-Leistungstransistors.

Ausgangsmaterial ist ein Siliziumplättchen mit einer hochohmigen Epitaxialschicht, in die zunächst eine sogenannte Basisleitschicht (im Bild 2a horizontal schraffiert) und die quadratisch geformten Basisschichten (im Bild 2a weiß) eindiffundiert werden. In die Basisschichten diffundiert man dann die ebenfalls quadratischen Emitterschichten ein (im Bild 2b schräg schraffiert), die eine Seitenlänge von nur einigen Mikrometern haben. Auf der ganzen Oberfläche wird dann eine isolierende Oxidschicht erzeugt. In dieser ätzt man über der Basisleitschicht und den Emitterschichten Löcher frei und dampft anschließend Aluminiumbahnen mit der im Bild 2c unter grauem Ton liegenden Struktur auf, die alle Emitter- und über die Basisleitschicht (deren Bedeutung damit erklärt ist) alle Basisschichten zuverlässig miteinander verbinden. Aus einer Vielzahl von Einzeltransistoren mit gemeinsamer Collectorschicht (hochohmige Epitaxialschicht) und zunächst noch voneinander getrennten Basis- und Emitterschichten entsteht so ein leistungsstarkes Einzelsystem [5].

Beispiele für nach dieser Technik hergestellte HF-Leistungstransistoren sind die Transistoren BLY 22 und BFY 99, deren Emitter sich aus 156 Miniaturemittern mit einer Seitenlänge von jeweils nur 13 µm zusammensetzen [9]. Beide Transistoren haben eine Grenzfrequenz von 500 MHz; der Typ BLY 22 liefert bei einer Frequenz von 175 MHz eine Ausgangsleistung von 5 W, der Typ BFY 99 bei der gleichen Frequenz noch 2,8 W. Bild 3 zeigt das kontaktierte System dieser Transistoren.

Der mit der Overlaytechnik zur Herstellung von HF-Leistungstransistoren beschrittene Weg ist nach den bisher vorliegenden Ergebnissen erfolgversprechend, und man darf erwarten, daß man damit und mit der Diffusionstechnik schon sehr bald Transistoren mit Leistungen von einigen Watt für Frequenzen im Gigahertzbereich herstellen kann.

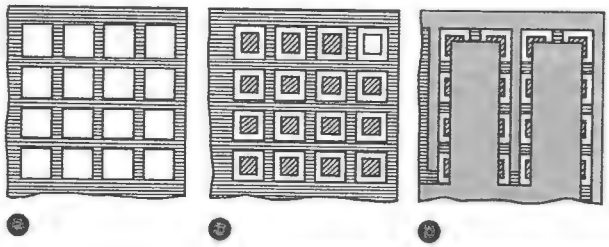


Bild 2. Herstellung der Systeme von Hochfrequenz - Leistungstransistoren; a) Basisleitschicht (horizontal schraffiert) und Basisschichten (weiß) eindiffundiert, b) Emitterschichten (schräg schraffiert) in die Basisschichten eindiffundiert, c) verbindende Basis- und Emitterelektroden (unter grauem Ton) aufgedampft ◀

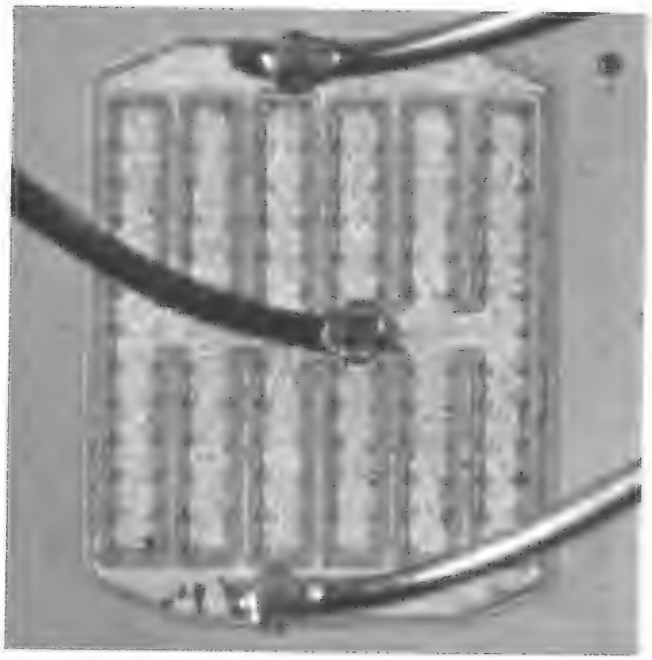


Bild 3. Kontaktiertes System der HF-Leistungstransistoren BLY 22 und BFY 99 ▶

Schrifttum

[1] Herold, E. W.: The future of the electron tube. IEEE Spectrum Bd. 2 (1965) S. 50–55

[2] Paschke, F.: Zukünftige Entwicklung der Elektronenröhre. Siemens-Z. Bd. 39 (1965) S. 1161–1167

[3] Metschl, E. C.: Ohne Röhren geht es nicht. Siemens-Bauteile-Informationen Bd. 4 (1966) Nr. 1, S. 22–24

[4] Feldmann, N. E.: Communication satellite output devices. The Rand Corporation RM-4298-NASA, September 1964, S. 1–38

[5] Brunet, M.: Le transistor haut frequence de puissance et leur evolution. Onde electrique Bd. 45 (1965) S. 267–270

[6] Metschl, E. C.: Die Stromleitung in Festkörpern: Halbleiterdiode und Transistor. Elektro Medizin Bd. 10 (1965) S. 202 bis 212, u. Bd. 11 (1966) S. 24–39

[7] Herlet, A., u. Hoffmann, A.: Flächengrößen und Strombelastbarkeit von Thyristoren. Siemens-Z Bd. 39 (1965) S. 253

[8] Spenke, E.: Versuchsausführung eines Thyristors für 700 A. Siemens-Z. Bd. 39 (1965) S. 253

[9] Hargasser, H., u. Henning, W.: Hochfrequenz-Leistungstransistoren BLY 22 und BFY 99: Transistoren mit integrierten Strukturen. Siemens-Z. Bd. 40 (1966) Nr. 4, S. 320–321

P. LACKNER, Telefunken AG, Heilbronn

Elektronisch abstimmbare UHF-Verstärker auf der Basis von doppelseitig mit leitender Folie beschichtetem Dielektrikum

DK 621.397.62.029.63

Bei transistorisierten UHF-Tunern herkömmlicher Bauweise stehen der Platzbedarf und die Größe der aktiven und passiven Bauelemente im Vergleich zu den verwendeten Topfkreisen und Drehkondensatoren in einem ungünstigen Verhältnis. Besonders auffällig ist dies, wenn der verhältnismäßig große Drehkondensator durch eine sehr viele kleinere Kapazitätsdiode ersetzt wird. Eine vorteilhafte Lösung zur weiteren Verkleinerung und Integrierung aller Bauelemente mit Leitungskreisen bietet sich durch Verwendung der Streifenleitung (Stripeline) als Resonanzleitung an.

1. Leitungskreise auf der Basis von doppelseitig kaschiertem Dielektrikum

Die Technik der Streifenleitung hat im Höchstfrequenzgebiet 1 ... 10 GHz für Geräte im Flugzeug- und Raketenbau besondere Bedeutung erlangt [1, 2]. Es lag daher nahe, diese Technik mit ihren besonderen Vorteilen auch im UHF-Gebiet einzusetzen. Allerdings müssen für dieses Frequenzgebiet andere Dimensionierungsforderungen erfüllt werden, so daß aus der Höchstfrequenztechnik praktisch nur prinzipielle Grundelemente übernommen werden können.

Im Bild 1 ist das Grundprinzip eines elektronisch abstimmbaren Leitungskreises in $\lambda/4$-Technik dargestellt. Als Trägermaterial (2) dient ein verhältnismäßig dünnes Dielektrikum mit geringen dielektrischen Verlusten. Dieses Grundmaterial ist beidseitig zum Beispiel mit einer Kupferfolie (*1a*, *1b*) geringer Dicke (etwa 35 µm) beschichtet. Durch einen einfachen Ätzvorgang entfernt man an bestimmten Stellen die Kupferfolie in der Form, daß ein Steg *3* gebildet wird, der an einem Ende direkt und am anderen über die Kapazitätsdiode *4* mit der übrigen Folie in Verbindung steht. Es entsteht somit ein flaches Resonanzgebilde, wobei *3* dem Innenleiter und *1a*, *1b* dem Außenleiter eines konventionellen Topfkreises entspricht. Die Kapazitätsdiode wirkt als variable Verkürzungskapazität dieses Leitungskreises. Die elektrischen Feldlinien verlaufen bei geeigneter Dimensionierung zum größten Teil innerhalb des Dielektrikums; die Streuung nach außen und damit die Verstimmung des Kreises durch äußere Einflüsse ist daher gering. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß die Dicke des Dielektrikums in einem bestimmten Verhältnis zur relativen Dielektrizitätskonstante ε_r steht. Gleiches gilt auch für den Abstand zwischen Resonanzleiter *3* und oberer Massefolie *1a*.

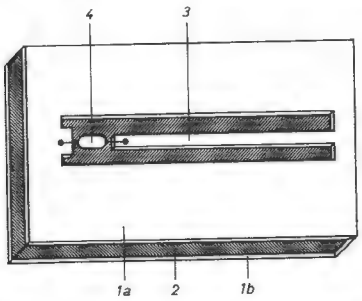


Bild 1. Prinzip eines elektronisch abstimmbaren Leitungskreises aus doppelseitig mit leitender Folie kaschiertem Dielektrikum

Der Wellenwiderstand Z_0 der Streifenleitung und damit der Durchstimmbereich mit Hilfe der Kapazitätsdiode wird durch folgende Größen bestimmt: Breite des Resonanzleiters (die Kapazität sowie die Induktivität je Längeneinheit sind davon abhängig), Abstand des Resonanzleiters von der unteren Massefolie (Dicke des Dielektrikums), relative Dielektrizitätskonstante des Trägermaterials und seitlicher Abstand des Resonanzleiters von der oberen Massefolie.

Eine allgemeingültige Berechnung der beschriebenen Streifenleitung ist mit genügender Genauigkeit bis jetzt noch nicht möglich. Außerdem wird bei jeder Berechnung die Störung der Feldverteilung durch An- und Auskopplung unberücksichtigt bleiben müssen, da sie von Anwendungsfall zu Anwendungsfall variiert [1, 3]. Durch Messen einer Probe des verwendeten Streifenleitungstyps [4] gelangt man erheblich schneller zu einem Ergebnis.

In dem hier behandelten Frequenzgebiet (bei der Anwendung im FS-Bereich IV/V) wird ein möglichst hoher Wellenwiderstand Z_0 gefordert. Die Breite des Resonanzleiters kann jedoch ohne beträchtliche Einbuße an Resonanzgüte nicht beliebig verringert werden; man verwendet kaum Stegbreiten unter 1 mm. Da der Wellenwiderstand Z_0 auch von der relativen Dielektrizitätskonstante ε_r abhängt, sollte sie möglichst klein sein. Werte von $\varepsilon_r < 4{,}5$ sind zweckmäßig und auch gut realisierbar.

Messungen an verschiedenen Leitungskreisen (ähnlich aufgebaut wie im Bild 1) ergaben, daß der Wert $Z_0 \approx 130$ Ohm kaum überschritten werden kann. Wie ein ausgeführtes Anwendungsbeispiel eines UHF-Verstärkers zeigt, kann mit einem Wellenwiderstand $Z_0 \approx 130$ Ohm und der Diode BAY 70 jedoch nicht das gesamte Frequenzgebiet von 470 ... 790 MHz überstrichen werden. Daher ist eine Frequenzumschaltung erforderlich, wenn man die Bereiche IV und V mit demselben Verstärker erfassen will. Einfach und elegant ist eine elektronische Umschaltung mittels Schaltdiode [5].

2. Trägermaterialien für elektronisch abstimmbare Streifenleitungskreise

Als geeignetstes Material ist Teflon (Polytetrafluoräthylen) zu nennen. Es hat eine relative Dielektrizitätskonstante von $\varepsilon_r \approx 2$ und einen Verlustwinkel $\tan\delta \approx 2 \cdot 10^{-4}$ bei $f = 600$ MHz. Dieser Kunststoff kann im Temperaturbereich −200 ... +250 °C eingesetzt werden und ändert dabei seine spezifischen Konstanten nur geringfügig. Nachteilig ist lediglich der hohe Preis des kupferkaschierten Teflons, der wohl auf Schwierigkeiten bei der Kupferbeschichtung zurückzuführen sein dürfte. Auf dem Trägermaterial hält die Folie gut, und es entstehen keine Zwischenschichten. Die Korrosionswirkung zwischen Kunststoff und Metall ist nur gering und ihr Einfluß auf die elektrischen Eigenschaften unbedeutend. Eine Trägerdicke von 1,5 mm ergab sich hier als zweckmäßigster Wert. Eine Streifenleitung aus 1,5 mm dickem Teflon als Trägermaterial mit 1 mm Resonanzleiterbreite und einem Wellenwiderstand von $Z_0 \approx 130$ Ohm hat bei $f = 600$ MHz eine Güte $Q \geq 280$.

Weiterhin eignet sich für Streifenleitungen ohne wesentliche Nachteile gegenüber dem hier verwendeten Teflon das doppelseitig kaschierte Trägermaterial „Cimclad" mit Glasmatteneinlage der amerikanischen Firma *Cimastra Division*, Cincinnati (deutsche Vertretung *Ruwel*, Geldern). Dieses Material hat zwar eine größere Dielektrizitätskonstante ($\varepsilon_r \approx 3{,}5$) als Teflon, jedoch können die dadurch bedingte Verringerung des Wellenwiderstandes Z_0 und die Einengung des Abstimmbereichs noch vertreten werden. Auch teflonimprägniertes Epoxyd-Glashartgewebe läßt sich verwenden. Es kann qualitätsmäßig zwischen dem reinen Teflon und „Cimclad" eingereiht werden. Die Dielektrizitätskonstante ist $\varepsilon_r \approx 3$.

Die Dicke der leitenden Folie soll aus Gründen hoher Resonanzgüte ≥ 10 µm betragen. Sie wird jedoch durch das Ätzverfahren begrenzt. In der Praxis beschichtet man das Trägermaterial meistens mit 35 µm dicken Folien. Für die elektrischen Eigenschaften kann von Bedeutung sein, wie die Metallfolie aufgebracht wurde (geklebt oder aufgesintert). Klebstoffe ändern die dielektrischen Eigenschaften und führen oft zu starken Korrosionserscheinungen zwischen Trägermaterial und leitender Folie, die die Gesamtverluste der Leitung erhöhen. Im allgemeinen werden heute die Folien aufgesintert (Glashartgewebe, Polypropylen).

3. Einstufiger UHF-Verstärker

Bild 2 zeigt die Schaltung eines einstufigen UHF-Verstärkers mit einem in Basisschaltung betriebenen Transistor AF 139. Das Eingangssignal gelangt über den Trennkondensator *C 1* und einen T-Kreis, der aus L_T, C_T sowie der inneren und äußeren

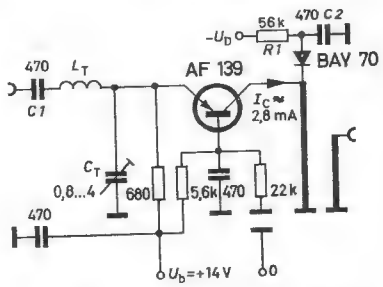


Bild 2. Schaltung eines einstufigen UHF-Verstärkers mit Diodenabstimmung

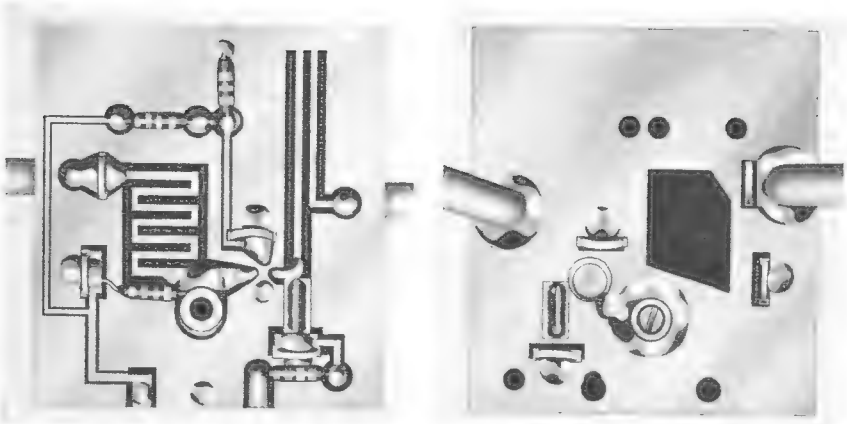


Bild 3. Draufsicht (links) und Rückansicht (rechts) eines einstufigen UHF-Verstärkers nach dem Streifenleitungsprinzip (natürliche Größe)

Emitterzuleitungsinduktivität besteht, zum Transistor. An den Collector ist ein einseitig an Masse liegender $\lambda/4$-Leitungskreis mit dem Wellenwiderstand $Z_0 \approx 130$ Ohm geschaltet, dessen Abstimmkapazität durch die Kapazitätsdiode BAY 70 gebildet wird. Die Diode ist einseitig galvanisch an den Kreishochpunkt angekoppelt, während ihr anderer Anschluß über *C 2* hochfrequenzmäßig an Masse liegt. Die Zuführung der zur Abstimmung des Leitungskreises notwendigen Gleichspannung (Diodensperrspannung) erfolgt über den hochohmigen Entkopplungswiderstand *R 1*. Diese Abstimmspannung $-U_D$ variiert in dem untersuchten Frequenzbereich zwischen 0,6 und 31 V.

Bild 3 zeigt die Draufsicht und die Rückansicht (die hellen Flächen stellen die metallisierten Stellen dar) der bestückten Platine eines Bild 2 entsprechenden vollständigen UHF-Verstärkers nach dem Streifenleitungsprinzip. Als Ausgangsmaterial diente 1,5 mm dickes, beidseitig mit 38 µm dicken Kupferfolien beschichtetes Teflon.

Bei der Herstellung der Grundplatine werden beide Folienseiten mit geeignetem Fotolack bestrichen und über Negativabzüge belichtet. Nach Entwicklung der Fotoschicht können die entsprechenden Aussparungen in die Kupferfolie geätzt und die notwendigen Löcher gebohrt und die Schlitze eingearbeitet werden.

Zur Erklärung der HF-Leitungszüge und Funktionen der einzelnen Aussparungen wird im folgenden der Signalweg beschrieben. Das UHF-Signal gelangt über einen Trennkondensator zu dem mäanderförmigen Leitungszug. Dieses Leitungsstück wirkt in dem betrachteten Frequenzbereich als Induktivität L_T. Um die wirksame Induktivität beziehungsweise den Wellenwiderstand zu erhöhen, wurde auf der Rückseite unterhalb der Leitung die Kupferfolie ausgeätzt. Alle verwendeten Trenn- und Abblockkondensatoren sind keramische Scheibchenkondensatoren, die senkrecht zur Oberfläche in entsprechend ausgestanzte Schlitze eingesetzt und beidseitig verlötet werden (Bild 4). Man erreicht auf diese Weise bei Abblockkondensatoren gleichzeitig eine gute galvanische Verbindung zwischen den beiden Folienseiten.

Die halbrunde Aussparung direkt an der Emitterzuleitung dient zur Aufnahme des Trimmers C_T. Der Transistor AF 139 wird über kürzeste Verbindung von der Rückseite der Grundplatine in den Sternpunkt, an den die bereits erwähnte Emitterzuleitung, der Massepunkt beziehungsweise die Gleichspannungsversorgung des Basisanschlusses sowie die Leitung zum collectorseitigen Resonanzkreis führen, eingelötet. Der einseitig kurzgeschlossene $\lambda/4$-Leitungskreis ist ähnlich wie im Bild 1 aufgebaut. Die Kapazitätsdiode wird in einen ausgestanzten Schlitz in Verlängerung des Resonanzleiters eingesetzt. Die hochfrequenzmäßige Masseverbindung der Diode erreicht man durch einen Scheibchenkondensator. Die Auskopplung des UHF-Signals erfolgt entsprechend der bisherigen Topfkreistechnik durch eine parallel zum Resonanzleiter verlaufende Schleife. Durch geeignete Wahl der Länge der Schleife und ihres Abstandes zum Resonanzleiter sowie der Breite des Leitungszuges kann die erforderliche Anpassung im gesamten Frequenzbereich erreicht werden. Alle übrigen Leitungszüge dienen zur Gleichspannungsversorgung des Transistors und der Kapazitätsdiode.

Die Widerstände wurden auf der Vorderseite eingelötet; zur Isolation gegen Masse sind auf der Rückseite entsprechende Aussparungen unterhalb der Lötstellen vorhanden. Um eine bessere Masseverbindung zu erreichen, werden an derjenigen Längskante, an der sich der Kurzschlußpunkt des Leitungskreises befindet, die obere und die untere Folie mit einer kleinen Kupferblechschiene verbunden und verlötet.

Im Bild 5 sind die Ergebnisse von Messungen an dem beschriebenen einstufigen UHF-Streifenleitungsverstärker zusammengestellt. Man erkennt, daß sich die Meßwerte nicht wesentlich von denen eines in herkömmlicher Technik aufgebauten Verstärkers [6] unterscheiden. Der etwas stärkere Verstärkungsabfall bei niedrigen Frequenzen ist eine Folge des Anstiegs des Diodenbahnwiderstandes bei niedrigen Sperrspannungen (0,6 V). Die Bandbreite beträgt bei $f_m = 470$ MHz etwa 24 MHz und bei $f_m = 700$ MHz rund 33 MHz.

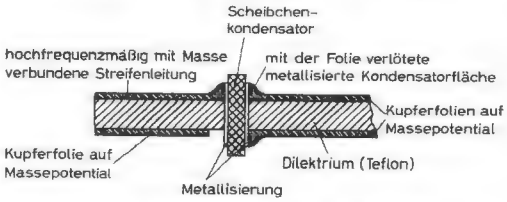


Bild 4. Schnitt durch einen in die Platine eingelöteten Scheibchenkondensator

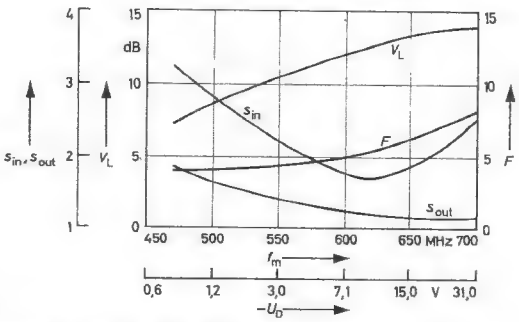


Bild 5. Meßwerte des einstufigen UHF-Verstärkers nach Bild 2 (Leistungsverstärkung V_L, Rauschfaktor F und Stehwellenverhältnis $s = U_{max}/U_{min}$ in Abhängigkeit von der Bandmittenfrequenz f_m und von $-U_D$)

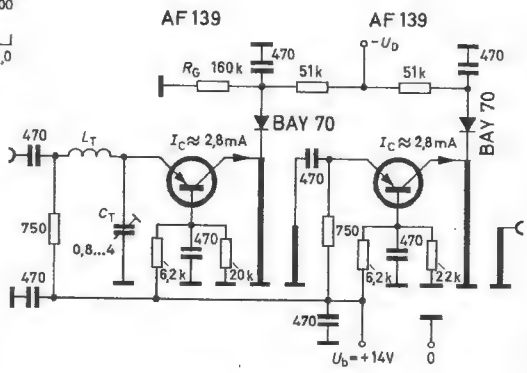


Bild 6. Schaltung eines zweistufigen UHF-Verstärkers mit Diodenabstimmung

4. Zweistufiger UHF-Verstärker

Bild 6 zeigt als weiteres Beispiel die Schaltung eines Antennenverstärkers mit 2 × AF 139, dessen Stufen Bild 2 entsprechen. Zu erwähnen ist, daß die Kapazitäts-

INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

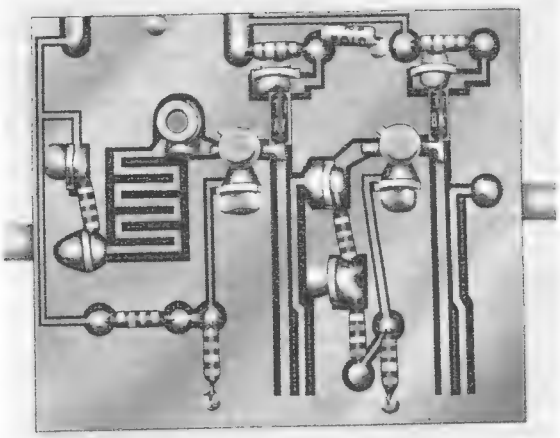
brachte im Aprilheft unter anderem folgende Beiträge:

- **Totale direkte Digitalregelung**
- **Leuchtschrifttafel mit speichernder Übertragung**
- **Zur Dimensionierung von Frequenzvervielfachern mit Varaktoren**
- **Temperaturstabilität der Verstärkung bei geregelten Fernsehtunern mit Transistorvorstufen**
- **Internationale Tagung „Energie-Direkt-Umwandlung" in Essen**
- **Zehn Jahre magnetische Bildaufzeichnung**
- **Meßgeräte und Meßeinrichtungen auf der Pariser Bauelemente-Ausstellung**
- **Halbleiter auf der Pariser Bauelemente-Ausstellung**
- **Elektronik in aller Welt · Angewandte Elektronik · Aus Industrie und Wirtschaft · Persönliches · Neue Erzeugnisse · Industriedruckschriften · Kurznachrichten**

Format DIN A 4, monatlich ein Heft
Preis im Abonnement 11,50 DM vierteljährlich, Einzelheft 4 DM

Zu beziehen
durch jede Buchhandlung im In- und Ausland, durch die Post oder direkt vom Verlag

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH
Berlin-Borsigwalde, Postanschrift: 1 Berlin 52



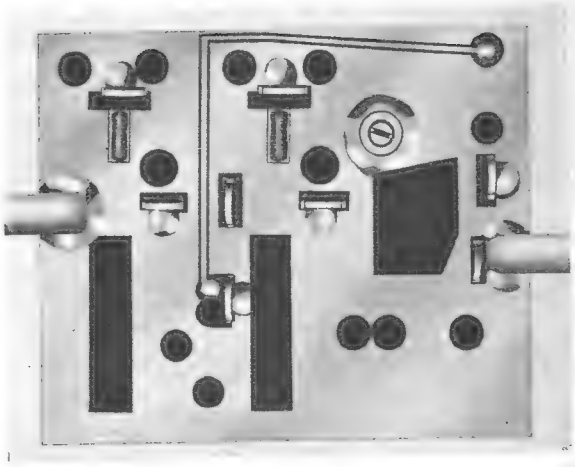


Bild 7. Draufsicht (links) und Rückansicht (rechts) des zweistufigen UHF-Verstärkers nach Bild 6 (natürliche Größe)

streuung der beiden Kapazitätsdioden BAY 70 nicht zu groß sein darf, weil sonst bei der Abstimmung kein Frequenzgleichlauf erreicht werden kann. Geringe Abweichungen lassen sich durch Änderung der Sperrspannung einer Diode (mit dem Teilerwiderstand R_G) ausgleichen. Man kann aber auch den Leitungskreis mit der Diode mit der größeren Kapazität durch Auflöten eines Kurzschlußbleches verkürzen. Einfacher ist jedoch der Einsatz paarweise ausgesuchter Dioden.

Im Bild 7 sind die Draufsicht und die Rückansicht des zweistufigen Verstärkers wiedergegeben. Als Ausgangsmaterial wurde wieder 1,5 mm dickes, doppelseitig kaschiertes Teflon verwendet. Man erkennt, daß die zweite Stufe praktisch genauso aufgebaut ist wie die erste. Eine geringfügige Abweichung ist bei den Koppelschleifen vorhanden. Zur besseren Anpassung im Durchstimmbereich wurde am hochfrequenten Bandende die kapazitive Kopplung durch entsprechende Formgebung der Schleife erhöht. Ebenso sei auf Aussparungen an der Rückseite unterhalb der Leitungskreise hingewiesen, die eine geringfügige Erhöhung des Wellenwiderstandes Z_0 (um 15 %) erlauben. Bei Verwendung von Grundmaterial mit größerer Dielektrizitätskonstante könnte durch teilweises Abdecken der Aussparung unterhalb der Koppelschleife die Kopplung variiert werden; ebenso läßt sich ein Kreisabgleich durch Abdeckung mittels eines kleinen Blechstreifens unterhalb des Resonanzleiters erreichen. Bild 8 können die wichtigsten Meßwerte dieses für Bereich IV geeigneten Verstärkers entnommen werden (die Bandbreite liegt zwischen 19 und 22 MHz).

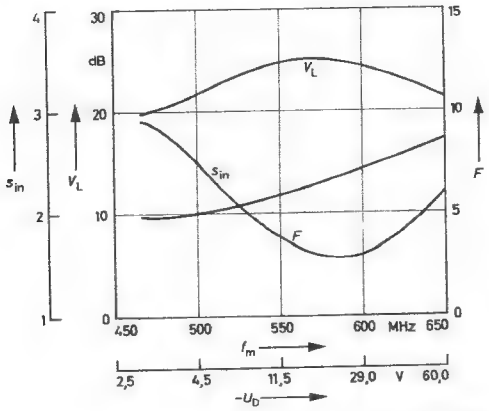


Bild 8. Leistungsverstärkung V_L, Rauschfaktor F und Stehwellenverhältnis s_{in} des zweistufigen Bereich-IV-UHF-Verstärkers in Abhängigkeit von f_m und $-U_D$

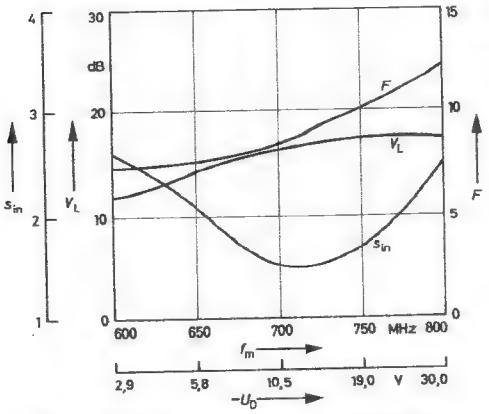


Bild 9. Meßwerte eines zweistufigen UHF-Verstärkers für den Bereich V in Streifenleiterbauweise (Leistungsverstärkung V_L, Rauschfaktor F und Stehwellenverhältnis s_{in} in Abhängigkeit von f_m und $-U_D$)

In diesem Verstärker, dessen Frequenzbereich noch über den des Bereichs IV (470 ... 610 MHz) hinausgeht, wurden besonders ausgesuchte Exemplare der Kapazitätsdiode BAY 70, die höhere Sperrspannungen vertragen, verwendet. Damit der Verstärkungsabfall bei den niedrigen Frequenzen (infolge des ansteigenden Diodenbahnwiderstandes bei niedrigen Sperrspannungen) nicht zu groß wird, beginnt $-U_D$ hier erst mit 3 V. Durch entsprechende Verkürzung der Leitungskreise erhält man bei sonst gleichem Aufbau einen Verstärker für Bereich V (600 bis 790 MHz). Bild 9 enthält die Meßwerte einer Laborausführung, deren Bandbreite zwischen 27 und 25 MHz liegt.

Schrifttum

[1] ● Geschwinde, H., u. Krank, W.: Streifenleitungen. Füssen 1960, Winter

[2] Arditi, M.: Characteristics and applications of microstrip microwave wiring. Trans. IRE Microwave Theory & Techn. Bd. 3 (1955) Nr. 2, S. 13–20

[3] Assadourian, F., u. Rimai, E.: Simplified theory of microstrip transmission system. Proc. IRE Bd. 40 (1952) S. 1651 bis 1657

[4] Wested, J. H.: UHF characteristics of printed circuits. Trans. IEEE Component P. (1964) S. 11–19

[5] Bomhardt, K., u. Lackner, P.: Elektronisch abstimmbare Verstärker für das Frequenzgebiet 50 ... 800 MHz. Frequenz Bd. 19 (1965) Nr. 5, S. 148

[6] Bomhardt, K., Neuhauser, J., u. Hartrumpf, R.: Abstimmung mit Reaktanzdioden im Bereich der Bänder I bis V, behandelt am Beispiel von fernabstimmbaren Antennenverstärkern. Telefunken Halbleitermitteilungen für die Industrie 6408 111

R. Schiffel 60 Jahre

Seit vielen Jahren ist der Name von Dipl.-Ing. Rudolf Schiffel mit dem Fachgebiet Röhren der *Telefunken AG* unlösbar verbunden. Am 6. Mai 1966 vollendete er das 60. Lebensjahr. Wer ihn seit vielen Jahren kennt, dem mag es scheinen, als ob der Kalender trüge, denn immer war R. Schiffel der qualifizierte Fachingenieur mit dem ewig jungen Herzen. Und das ist er bis auf den heutigen Tag geblieben.

Sein beruflicher Lebensweg begann nach der Diplom-Hauptprüfung bei Professor Barkhausen an der Technischen Hochschule Dresden im Jahre 1930 und nach einer Tätigkeit als Tonfilm-Ingenieur bei der *Ufa* am 1. November 1934 bei *Telefunken* in Berlin. Dort war er in den Jahren 1935 bis 1940 Sachbearbeiter und Abteilungsleiter, und 1941 folgte seine Ernennung zum Oberingenieur. Nach vorübergehender Tätigkeit bei anderen Firmen während der ersten Nachkriegsjahre kehrte er am 1. November 1950 zu *Telefunken* zurück, um in Ulm die Leitung des Technischen Kundendienstes im Rahmen des Röhrenvertriebs zu übernehmen. Seit Jahresbeginn 1964 liegt die Leitung des Fachgebietes Röhren für den Warensektor in seinen Händen.

Als fachkundiger Berater und Experte hat R. Schiffel sich im In- und Ausland hohen Ruf und Ansehen erworben. Wenn manchmal auch die irrige Meinung zu hören ist, im Zeitalter der Halbleiter-Bauelemente sei die Röhre von untergeordneter Bedeutung, so wird gerade das kommende Farbfernsehen zeigen, daß dem keineswegs so ist. Auch in Zukunft wird R. Schiffel mit seinen reichen praktischen Erfahrungen und fundierten Kenntnissen wiederum wesentlich mit dazu beitragen, die auftretenden Probleme aus dem Bereich der Röhre zu lösen. Dazu mögen ihm beste Gesundheit und Schaffenskraft wichtige Helfer in den kommenden Jahren sein. *–th*

TH. OHLHAUSER, Schaub-Lorenz Vertriebs-GmbH

UKW-Teil mit Silizium-Planartransistoren

DK 621.396.62.029.62

Technische Daten

Frequenzbereich:	87...104 MHz
Leistungsverstärkung:	34 dB
Gesamtrauschzahl:	2,8 kT_0
Anteil der Mischstufe an der Gesamtrauschzahl:	0,3 kT_0
Spiegelwellenselektion:	$\geqq$ 60 dB
ZF-Durchschlagfestigkeit:	$\geqq$ 80 dB

Seit 1959 sind transistorbestückte UKW-Teile bekannt, die auf Grund ihrer Schaltungskonzeption und des elektrischen Aufwandes hauptsächlich in Koffer- und Autoempfängern Verwendung finden. Die Standardschaltung besteht im wesentlichen aus einer Vorstufe, meistens in nichtneutralisierter Basisschaltung, und einem abgestimmten Zwischenkreis mit nachfolgender selbstschwingender Mischstufe. Mit dem Eindringen des Transistors in die bisher noch überwiegend der Röhrenbestückung vorbehaltene Heimempfängertechnik wurde jedoch eine Erhöhung des Aufwandes im UKW-Eingangsteil notwendig, denn hier werden grundsätzlich erheblich höhere Anforderungen gestellt.

Bild 1. UKW-Teil des „Fjord S Stereo"

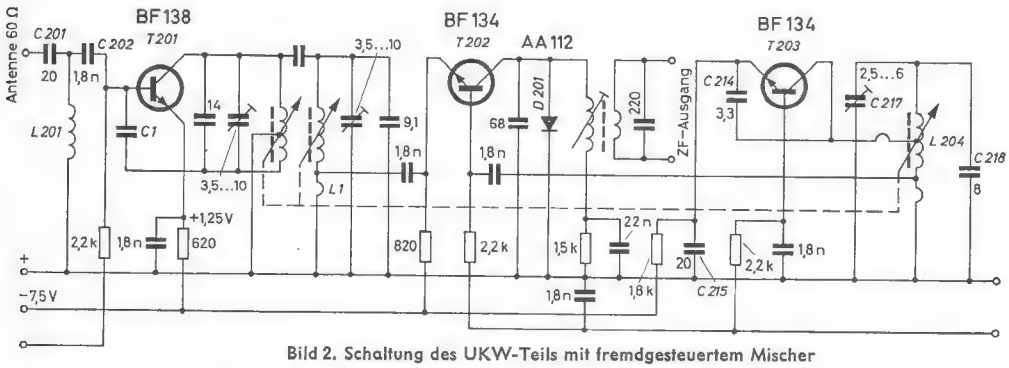


Bild 2. Schaltung des UKW-Teils mit fremdgesteuertem Mischer

1. Anforderungen an den UKW-Teil

a) Der Aufbau und die Schaltung des UKW-Teils müssen auch eine Verwendung in gemischtbestückten (Röhren und Transistoren) Heimempfängern ermöglichen, die eine größere Eigenerwärmung als voll transistorisierte Empfänger haben. Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf die elektrischen Daten (besonders auf die Oszillatorfrequenz) darf ein vorgeschriebenes Maß nicht überschreiten.

b) Die an Gemeinschaftsantennen und in Gebieten hoher Feldstärke auftretenden Eingangsspannungen müssen ohne störende Nebeneffekte verarbeitet werden können.

Die Forderung a) läßt sich durch Verwendung geeigneter Bauelemente und, wie im vorliegenden Fall, durch den Einsatz von Siliziumtransistoren erfüllen.

Die unter b) genannten Forderungen machen dagegen beim derzeitigen Stand der Technik die Anwendung einer fremdgesteuerten Mischstufe (getrennter Oszillator) obligatorisch. Die bei diesen Betriebsbedingungen auftretenden Nebeneffekte wie Neben- und Mehrempfangsstellen sind in erster Näherung eine Funktion der Verstärkung und Selektion vor der Mischstufe.

Im folgenden werden der mechanische Aufbau und die Schaltung des im *Schaub-Lorenz*-Rundfunkgerät „Fjord S Stereo" verwendeten UKW-Teils beschrieben.

2. Mechanischer Aufbau

Bild 1 zeigt den kompletten UKW-Teil. Alle Bauelemente einschließlich des Dreifachvariometers sind auf der Hartpapierplatte mit der gedruckten Schaltung montiert. Durch Verwendung von Miniaturteilen gelang es, die mechanischen Abmessungen kleinzuhalten. Die Abschirmhaube ermöglicht die Einhaltung der Störstrahlungsbestimmungen der Deutschen Bundespost mit großem Sicherheitsabstand.

Der UKW-Teil ist mit Silizium-*npn*-Planartransistoren bestückt. Als Abstimmorgan dient ein Dreifachvariometer. Die linke und die mittlere Spule sind Teil eines HF-Bandfilters zwischen Vor- und Mischstufe, die rechte ist die Oszillatorspule. Der Abgleich der Variometerkerne erfolgt von einer der beiden Stirnseiten. Die Kerne haben einen Innensechskant und Außengewinde. Mit einem stabförmigen Abgleichwerkzeug (der Sechskant ist nur an der Spitze eines sich dahinter verjüngenden Stäbchens angespritzt) aus flexiblem Kunststoff läßt sich jeder Abgleichkern in die erforderliche Lage im Kernschieber bringen. Die Abgleichtrimmer und die ZF-Spule sind von der Antriebs- oder Unterseite aus abgleichbar.

3. Schaltung

3.1. HF-Vorstufe

Die Vorstufe arbeitet in neutralisierter Emitterschaltung mit dem Transistor BF 138 (Bild 2). Um die Regeleigenschaften dieses Transistors (Aufwärtsregelung) im Bedarfsfall ausnutzen zu können, ist die Zuführung der Basisgleichspannung getrennt herausgeführt. Die Vierpolparameter des BF 138 im Arbeitspunkt 7,5 V, 2 mA bei 100 MHz haben folgende Werte:

$$Y_{11e} = 6{,}8 + j\ 8{,}8\ \text{mS},$$
$$Y_{12e} = -0{,}04 - j\ 0{,}6\ \text{mS},$$
$$Y_{21e} = -37{,}2 + j\ 37{,}2\ \text{mS},$$
$$Y_{22e} = -0{,}23 - j\ 1{,}5\ \text{mS}.$$

Hieraus ergibt sich eine maximal erreichbare Leistungsverstärkung im Falle vollständiger Neutralisation von 26 dB. Zusammen mit dem HF-Bandfilter zwischen Vor- und Mischstufe erhält man bis zum Eingang der Mischstufe eine Leistungsverstärkung von etwa 17 dB.

Im Bild 3 ist die Durchlaßkurve des HF-Bandfilters, gemessen vom Antenneneingang bis zum Eingang der Mischstufe, dargestellt. Die Ankopplung der Antenne (60 Ohm unsymmetrisch) erfolgt über den fest auf Bandmitte abgestimmten Eingangskreis *C 201, C 202, L 201*. Bild 4 zeigt den Transformationsweg von der Basis des Transistors *T 201* bis zum Antenneneingang sowie den Eingangswiderstand an den Antennenklemmen als Funktion der Frequenz. Der Neutralisationskondensator

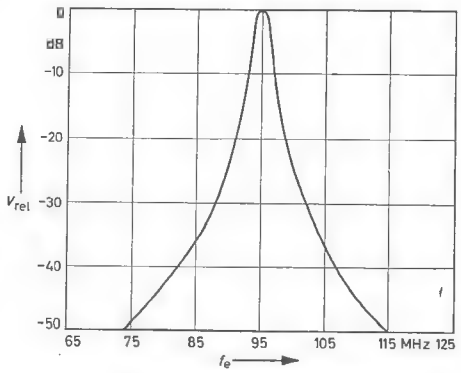


Bild 3. Durchlaßkurve des HF-Bandfilters

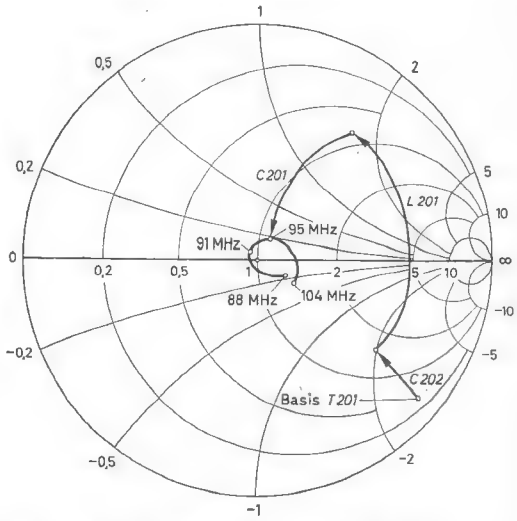


Bild 4. Transformationsweg von der Basis des Vorstufentransistors bis zum Antenneneingang und Eingangswiderstand an den Antennenklemmen als Funktion der Frequenz

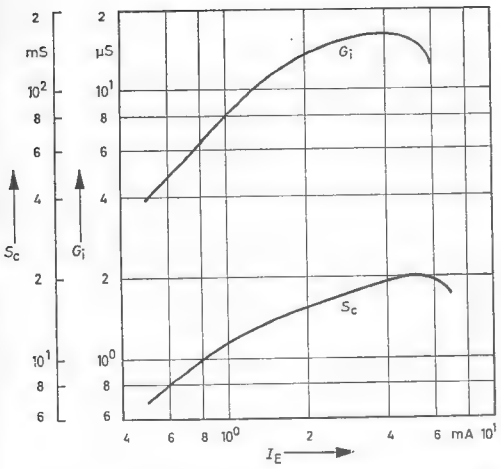


Bild 5. Ausgangsleitwert G_i und Mischsteilheit S_c des Mischtransistors in Abhängigkeit vom Emitterstrom bei U_{osz} = 100 mV, f_e = 100 MHz

C 1 und die kleine Spule *L 1* von der Anzapfung des Sekundärkreises des HF-Bandfilters nach Masse sind gedruckt ausgeführt.

3.2. Fremdgesteuerte Mischstufe

Die Mischstufe mit dem Transistor BF 134 arbeitet in Quasi-Basisschaltung. Die Empfangsfrequenz wird am Emitter von *T 202* eingespeist; die Zuführung der Oszillatorspannung erfolgt an der Basis. Ausgangsleitwert und Mischverstärkung sind stark vom schaltungsbedingten Blindwiderstand zwischen Basis und Masse abhängig (Oszillatoreinspeisung). Ausgangsleitwert G_i und Mischsteilheit S_c des Mischtransistors sind im Bild 5 als Funktion des Emitterstroms dargestellt. Im vorliegenden Fall erhält man bei leistungsoptimalem Abschluß des ZF-Ausgangs eine Leistungsverstärkung der Mischstufe von rund 17 dB.

Die in Sperrichtung vorgespannte Diode *D 201* am Collector der Mischstufe verhindert bei großen Eingangspegeln das Auftreten einer unzulässig hohen ZF-Wechselspannung. Überschreitet nämlich die Amplitude der ZF-Wechselspannung die Collectorgleichspannung, dann wird der Mischvorgang gestört, und es können Verzerrungen auftreten.

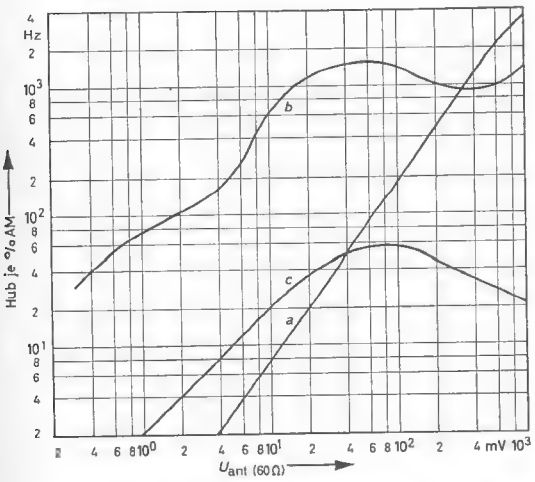


Bild 6. Störhub der Oszillatorfrequenz in Abhängigkeit von der Eingangsspannung für einen röhrenbestückten UKW-Teil mit der ECC 85 (*a*), einen transistorbestückten UKW-Teil mit selbstschwingendem Mischer (*b*) und für einen transistorbestückten UKW-Teil mit fremdgesteuertem Mischer (*c*)

3.3. Oszillatorstufe

Der Oszillator *T 203* arbeitet in Basisschaltung. Die Oszillatorfrequenz liegt um die ZF von 10,7 MHz oberhalb der Empfangsfrequenz. Eingangs- und Ausgangsspannung eines Transistors in Basisschaltung sind bei tiefen Frequenzen in Phase, so daß im Rückkopplungszweig kein phasendrehendes Glied erforderlich ist. In dem hier betrachteten Frequenzgebiet hat der Transistor BF 134 jedoch bereits eine Steilheitsphase von etwa —40°. Der Collectorwechselstrom i_1 eilt der zwischen Emitter und Basis liegenden Steuerspannung u_1 um etwa 40° nach und erzeugt am abgestimmten Oszillatorkreis *L 204, C 217, C 218* eine gleichphasige Wechselspannung u_2. Der gesamte zwischen Emitter und Basis auftretende Widerstand ist annähernd reell und sein Betrag klein gegen den kapazitiven Widerstand des Rückkopplungskondensators *C 214*. Die am Oszillatorkreis entstehende Wechselspannung treibt durch die Serienschaltung *C 214, C 215* und den Eingangswiderstand von *T 203* (parallel zu *C 215*) einen Strom i_2, der der Spannung u_2 um etwa 40° voreilt und am Eingangswiderstand von *T 203* eine mit u_1 gleichphasige Rückkopplungsspannung erzeugt.

Der Collector von *T 203* liegt an einer Anzapfung der Oszillatorspule *L 204*, um den Einfluß der betriebsspannungsabhängigen Collectorkapazität auf die Oszillatorfrequenz zu verringern. Durch geeignete Wahl der Temperaturkoeffizienten von *C 217* und *C 218* werden Änderungen der Oszillatorfrequenz infolge Änderungen der Umgebungstemperatur verhindert. Ein Maß für die Stabilität des Oszillators bei hohen Eingangsspannungen ist der durch eine amplitudenmodulierte Eingangsfrequenz hervorgerufene Störhub der Oszillatorfreqenz. Im Bild 6 ist der Störhub in Hz je % AM als Funktion der Eingangsspannung für einen röhrenbestückten UKW-Teil mit der ECC 85 (*a*), einen transistorbestückten UKW-Teil mit selbstschwingendem Mischer (*b*) und für einen transistorbestückten UKW-Teil mit fremdgesteuertem Mischer (*c*) dargestellt. Wie die Kurven zeigen, ist der UKW-Teil mit fremdgesteuerter Mischstufe dem Röhren-UKW-Teil gleichwertig, bei höheren Eingangspegeln sogar überlegen.

Von Sendern und Programmen

Im Herbst Stereo-Sendungen auch beim Bayerischen Rundfunk

Der Bayerische Rundfunk will im Herbst dieses Jahres mit stereophonen Rundfunksendungen beginnen, und zwar zunächst über die beiden UKW-Sender Wendelstein (Kanal 8+, 89,5 MHz) und Dillberg (Kanal 18−, 92,3 MHz). Mit gelegentlichen technischen Versuchssendungen ist bereits im Sommer zu rechnen.

In dieser ersten Ausbaustufe werden Stereo-Sendungen, die zunächst lediglich einige Stunden im Wochenprogramm umfassen, in den Gebieten von Oberbayern (einschließlich München) und Teilen Mittelfrankens (einschließlich Nürnberg) und der Oberpfalz zu empfangen sein. Die beiden Sender dürften etwa ein Drittel der Einwohnerschaft Bayerns erreichen.

Raistings Riesenantenne auf festem Fundament

Über die nachrichtentechnischen Einrichtungen der Raistinger Bodenstation für Satellitenfunk ist schon des öfteren berichtet worden. Die bauliche Gestaltung der Antennen- und Zusatzgebäude konnte dabei zumeist nur angedeutet werden, obwohl sie eine besondere Leistung neuzeitlicher Baukunst darstellt. Nicht nur das kugelförmige Äußere des Antennengebäudes ist eine nicht alltägliche ingenieurmäßige Lösung. Die baulichen Maßnahmen wichen bereits bei Erstellung des Fundaments von den bei normalen Bauvorhaben üblichen wesentlich ab. Nachdem die Gegend um Raisting als günstigster Standort für den störungsfreien Funkverkehr über Satelliten ausgewählt wurde — ausschlaggebend waren kleine Elevationswinkel der umgebenden Hügelkette, keine Flugschneisen oder Radarstationen — stellte man fest, daß die Bodenbeschaffenheit den Forderungen nicht entsprach. Anstatt aus gewachsenem Fels, der höchste Standfestigkeit der Anlage garantieren würde, besteht der Untergrund dort aus einer etwa 30 m dicken Kiesschicht, daran anschließend aus Fels. Ein Massivfundament bis auf den Fels zu errichten, kam in Raisting aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht in Betracht.

Man ging deshalb einen anderen Weg, nämlich die Festigkeit des Untergrundes durch geeignete Mittel selbst zu erhöhen. Dazu wurden an 120 eng beieinanderliegenden Punkten der ausgewählten Stelle Vibrationsrüttler 18 m tief in den Kies abgesenkt und langsam wieder an die Oberfläche gezogen. Diese Aktion unterstützten noch sogenannte Spüllanzen, die mit abgesenkt wurden und durch ständige Wasser- und Sandzufuhr zu einer weiteren Verbesserung der Lagerungsdichte des Kieses beitrugen.

Daß diese Art der Bodenfestigung ausreichend war, erwies sich bei einer Nachmessung des Antennenfundamentes im Februar 1965 (bereits im Oktober 1964 nahm die Deutsche Bundespost den probeweisen Betrieb auf). Das im wesentlichen aus Stahlbeton B 300 bestehende Fundament hatte sich zu diesem Zeitpunkt um nur 0,2 mm einseitig gesetzt; erlaubt ist das Zehnfache dieses Betrages, denn selbst bei 2 mm Abweichung aus der Waagerechten ist das exakte Nachführen der Antenne zu den umlaufenden Satelliten noch gewährleistet.

Schon allein dieses einzige Beispiel zeigt, mit welchen speziellen Mitteln bei diesem bis jetzt in Deutschland einmaligen Projekt gearbeitet wurde. Das Haus *Siemens*, das in Raisting für die Bauleitung verantwortlich zeichnete, konnte dabei eine Menge wertvoller Erfahrungen sammeln, die bei weiteren Vorhaben dieser Art von großem Vorteil sein werden.

Sendezentrum Grünten

Das von den deutschen Rundfunk- und Fernsehanstalten errichtete Sendezentrum auf dem 1739 m hohen Grünten im Allgäu wird weiter ausgebaut. Die von dort ausgestrahlten Sendungen können auch im schweizerischen und österreichischen Bodenseegebiet empfangen werden. Nach Abschluß der Arbeiten werden auf dem Grünten insgesamt sieben verschiedene Sender in Betrieb sein: drei für den Hörfunk, vier für das Fernsehen. Zur Zeit verstärkt der Südwestfunk seinen Sender für das erste Deutsche Fernsehprogramm von 100 auf 500 kW. Der Bayerische Rundfunk verbessert die technischen Anlagen für seine Ausstrahlungen. Daneben wird ein Sender durch die Bundespost für das Studienprogramm des Bayerischen Fernsehens neu gebaut. Die Arbeiten sollen am 15. Mai beendet sein. Der 92 m hohe Sendemast wird auch das erste und zweite Programm des Bayerischen Rundfunks sowie das Gastarbeiterprogramm auf Ultrakurzwelle ausstrahlen.

ZDF baut endgültiges Sendezentrum

Das Zweite Deutsche Fernsehen hat auf einem 100 ha großen Gelände 8 km südwestlich von Mainz mit dem ersten Bauabschnitt für das künftige Sendezentrum begonnen. Zunächst werden die Gebäude für den Kraftfahrzeug- und Übertragungswagen-Betrieb errichtet. Ein Gebäudeteil wird vorübergehend auch für Einrichtungen zur Wiedergabe vorproduzierter Farbfernsehsendungen verwendet werden.

Kurzwellensender München

Der Kurzwellensender München (seit 1948 in Betrieb) steht in München-Ismaning und überträgt das 1. Programm des Bayerischen Rundfunks auf 49,3 m (6085 kHz) mit 10 kW Leistung. Die Raumwelle des Senders kann am Tage innerhalb Europas, bei Nacht innerhalb Europas sowie je nach Uhr- und Jahreszeit in bis zu 20000 km Entfernung empfangen werden. 94% aller Hörerzuschriften kommen im Durchschnitt aus Europa, 6% aus den USA und Australien. Aufteilung der Hörerzuschriften aus Europa: 50% Deutschland, 15% Schweden, 11% Österreich, 9% Finnland, 5% Großbritannien, 4% Dänemark, 3% Schweiz, 1% Norwegen, 2% Sonstige.

100:2

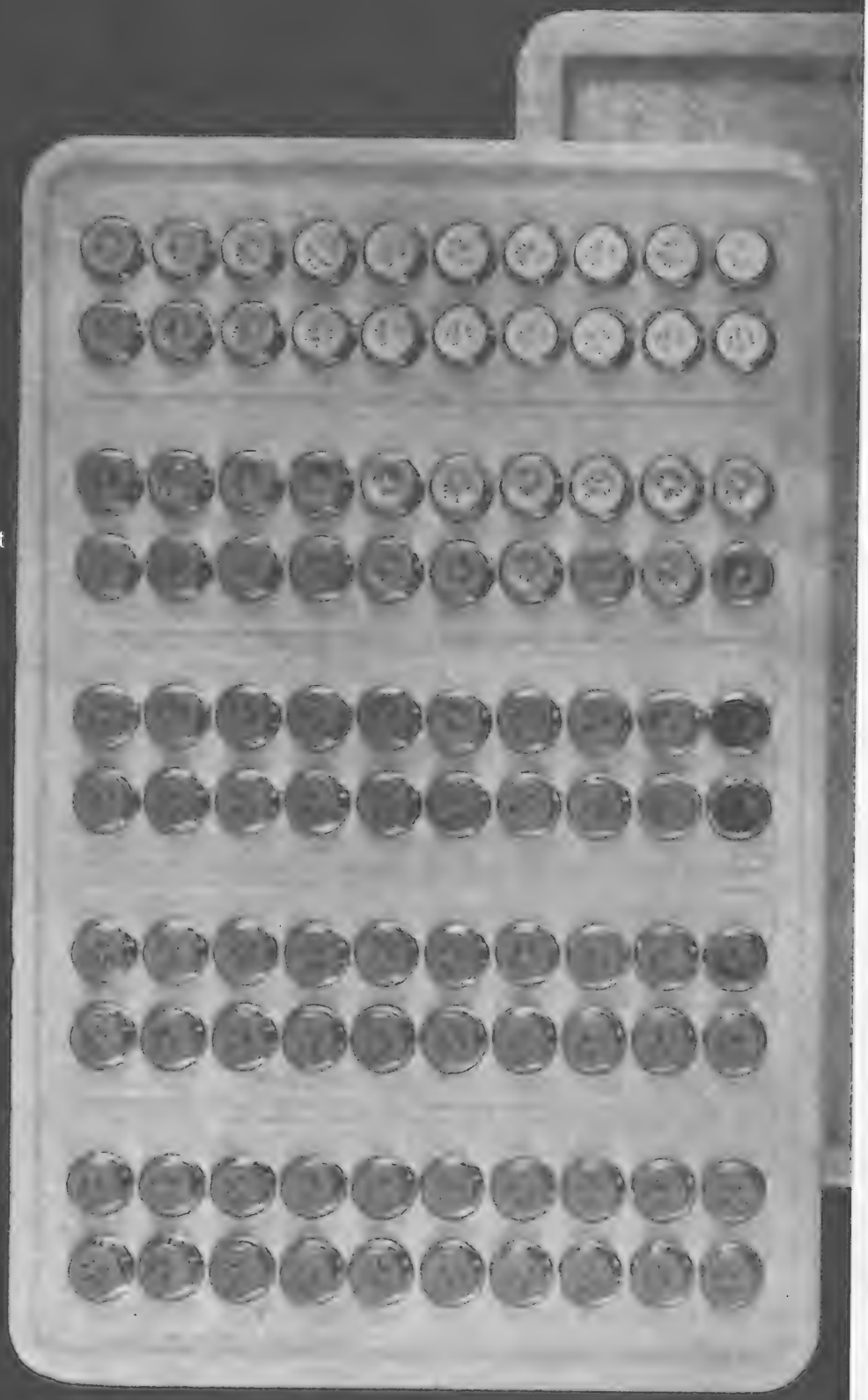
Diese Relation spricht für STYROPOR!

Bitte zählen Sie nach:
100 Kleinteile,
nicht nur rüttelsicher,
sondern auch übersichtlich,
in zwei aus STYROPOR gefertigten
Schaumstoff-Halbschalen verpackt.

Schaumstoffverpackungen
aus STYROPOR
bieten aber noch eine Reihe
weiterer Vorteile:
Niedrige Frachtkosten durch
geringes Verpackungsgewicht.
Zeitgewinn
durch schnelles Verpacken,
Entleeren und Wiederverpacken.
Raumersparnis durch Stapelfähigkeit
und geringen Platzbedarf
der Verpackung.
Leichte Übersichtlichkeit.

Haben Sie für Ihre Erzeugnisse
schon die richtige
Schaumstoffverpackung
aus STYROPOR?

Ausführliche Unterlagen
lassen wir Ihnen
gerne zukommen. Bitte schreiben
Sie uns.



®Styropor BASF

Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG
Verkauf/Werbeabteilung
6700 Ludwigshafen am Rhein

Bitte senden Sie mir weiteres Informationsmaterial über Verpackungen aus STYROPOR und Herstelleranschriften

A 197-VP 2 4502

Name

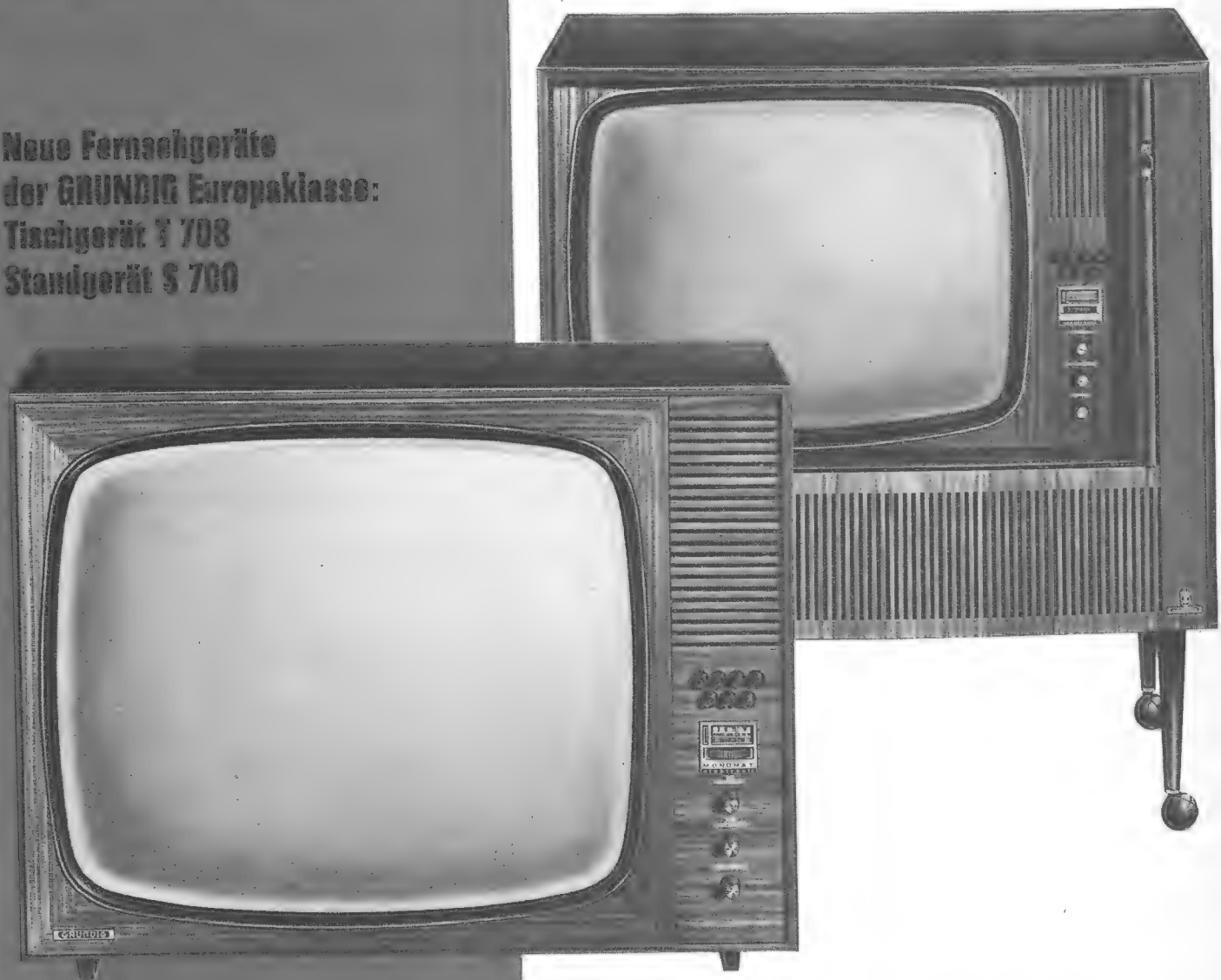
Beruf

Anschrift

MONOMAT electronic

NEU

Neue Fernsehgeräte
der GRUNDIG Europaklasse:
Tischgerät T 708
Standgerät S 700



Eine neue Sensation aus dem Entwicklungszentrum für Fernseh-Technik in Fürth: der „MONOMAT electronic". Er verwirklicht erstmals die vollelektronische Senderabstimmung durch Kapazitätsdioden. Seine unschätzbaren Vorzüge:

- 7fach-Programmwahl durch leichtesten Tastendruck
- Volltransistorisierte Tuner mit elektronischer Abstimmung
- Höchste Wiederkehrgenauigkeit
- Sperrtaste gegen unbeabsichtigtes Verstellen

Am besten bestellen Sie sofort ein Gerät der neuen GRUNDIG Europaklasse 700 mit MONOMAT electronic. Die genaue Kenntnis dieser sensationellen GRUNDIG Entwicklung ist unbedingt notwendig für Ihre weiteren Einkaufsdispositionen.

Mach Dir's leicht – verkaufe GRUNDIG!

GRUNDIG

E. CHRISTIAN, Grundig Werke GmbH, Fürth (Bay.)

Die Aufzeichnungstechnik des „System DC-International"

DK 681.84.083.8

Die Aufzeichnungstechnik des „System DC-International" wird im wesentlichen durch drei Bausteine bestimmt: Kassette, Tonband und Tonkopf. Aus dem Zusammenwirken dieser drei Bausteine ergibt sich das Funktionsprinzip des Systems. Im folgenden werden die grundlegenden Funktionsmerkmale im einzelnen erläutert. Auf Besonderheiten im Vergleich zu der bei Heimtonbandgeräten üblichen konventionellen Aufzeichnungstechnik wird hingewiesen und die Anwendbarkeit des Systems auf die von der konventionellen Magnettontechnik her bekannten Gerätegruppen (Batterie- und Netzgeräte, Mono- und Stereo-Geräte usw.) an charakteristischen Beispielen gezeigt.

1. Aufbau der Kassette

Das Kernstück des „DC"-Systems bildet die Kassette. Neben dem Hauptzweck, das Band gegen Verschmutzung zu schützen, berücksichtigt ihre Konzeption bewußt die Ausbaufähigkeit zu einem System, und zwar besonders durch ihre Handlichkeit, Größe, Spieldauer, Anwendbarkeit und Qualität.

Die Doppelkassette (Bild 1) hat die Form eines kleinen Taschenbuches mit den Außenabmessungen 120 mm × 77 mm × 12 mm. Das stabile und verwindungssteife Plastikgehäuse besteht aus drei Einzelteilen, die ineinandergeschachtelt sind und durch drei Schrauben zusammengehalten werden. Die zwei Hauptgehäuseteile sind formmäßig gleich und zur Unterscheidung mit den Zahlen 1 und 2 versehen. Das dritte Teil ist wie ein Buchrücken ausgeführt, der Einkerbungen trägt, die zur Auslösung bestimmter Steuerungsvorgänge dienen.

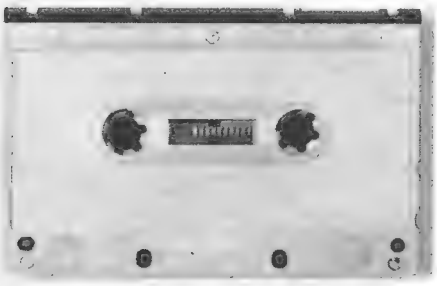


Bild 1. Doppelkassette für Geräte des „System DC-International"

Die Bezeichnungen „DC 90" und „DC 120" geben einen Hinweis auf die Spieldauer, die natürlich von dem in der Kassette magazinierten Tonband abhängt.

Das im Inneren der Kassette untergebrachte Tonband ist mit seinen beiden Enden an zwei flanschlosen Wickelkernen befestigt. Zwischen Bandwickel und Gehäuse liegen oberhalb und unterhalb des Bandwickels besonders glatte und geschmeidige Kunststoffolien, die die Funktion der Flansche übernehmen. In der Mitte der Hauptgehäuseteile ist jeweils ein Sichtfenster angebracht, durch das der Bandstand festgestellt werden kann. An den Frontseiten hat die Kassette Öffnungen zum Einfahren der Tonköpfe (Löschkopf und kombinierter Aufnahme-Wiedergabekopf) und der Andruckrolle. Zwei weitere etwas kleinere Öffnungen der Frontseite sind verschließbar und ermöglichen eine mechanische Sicherung gegen unbeabsichtigtes Löschen.

Die Kassette wird durch zwei vertikale Öffnungen mit den Wickelkernen auf Mitnehmer gesetzt, die im Betriebszustand das von der Tonwelle transportierte Tonband aufwickeln. Von hier kommt auch der Name Doppelloch- oder Doppelwickelkassette. Vier kleinere vertikale Öffnungen dienen zur Aufnahme der Tonwelle und zur Arretierung auf dem Chassis. Das Tonband läuft von links nach rechts, wobei die Magnetschicht nach außen zeigt. Es wird jeweils die untere Bandhälfte zur Aufzeichnung benutzt, die gesamte Bandbreite also in zwei Durchläufen durch Umlegen der Kassette. Dieser Vorgang entspricht beispielsweise dem Umlegen der Schallplatte beim Plattenspieler. Erster und zweiter Durchlauf können an den Zahlen 1 und 2 auf dem Gehäuse erkannt werden. Zur Regulierung des Bandlaufs enthält die Kassette schließlich noch zwei Höhenführungsgabeln, vier Umlenkbolzen und eine Tonkopf-Andruckfeder mit Filz. Zur besseren Höhenführung des Bandes ist neben den zwei Führungsgabeln der Kassette noch am Löschkopf und Kombikopf jeweils eine Führungsgabel angebracht.

Nach erfolgter Auslösung des Betriebszustandes bei einem nach dem „DC"-System arbeitenden Gerät, etwa durch Betätigung der Starttaste, werden der Löschkopf, der Aufnahme-Wiedergabekopf und die Andruckrolle, die auf einer Kopfträgerplatte montiert sind, in die Öffnungen der Kassetten-Frontseite eingefahren. Damit wird einerseits das Tonband durch die Andruckrolle gegen die Tonwelle gedrückt und so der Bandtransport bewirkt und andererseits der mechanische und magnetische Kontakt zwischen dem Band und den Tonköpfen hergestellt. Zur Sicherstellung eines gleichmäßigen Band-Kopfkontaktes am Aufnahme-Wiedergabekopf ist neben dem aus der Bandumschlingung sich ergebenden Andruck noch ein zusätzlicher Filzandruck vorhanden. Die schematische Darstellung des Bandlaufs im Betriebszustand zeigt Bild 2.

Die funktionsmäßigen Abweichungen dieser technischen Lösung von der bei konventionellen Tonbandgeräten lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Bandführung erfolgt ausschließlich durch Kassette und Tonköpfe.

Tonköpfe und Andruckrolle sind auf einer verschiebbaren Kopfträgerplatte montiert.

Das Band-Kopfandruckmittel (Feder und Filz) ist Teil der Kassette.

2. Beschaffenheit der Tonbänder

Während die Bandbreite der mit Flanschspulen arbeitenden konventionellen Tonbandgeräte 6,25 mm (0,25") beträgt, ist die „DC"-Kassette mit Spezialbändern von 3,78 mm (0,15") Breite bestückt. Da die Bandbreitentoleranz auf ± 0,03 mm eingeengt wurde, haben die Bandführungen besonders der maximal möglichen Breite von 3,81 mm Rechnung zu tragen. Erst die verwendeten Spezialbänder ermöglichten durch ihre geringen Abmessungen die optimale Auslegung des Systems. Von den sonstigen mechanischen Eigenschaften sei als erste die Schmiegsamkeit genannt. Sie kommt vor allem dem Band-Kopfkontakt zugute und läßt eine Verringerung des Bandzugs zu. Dropouts treten bei den verwendeten Spezialbändern praktisch nicht auf.

Die Spezialbänder des „DC"-Systems haben die Banddicke 0,018 mm (Dreifachspielband) oder 0,012 mm (Vierfachspielband). Je nach der verwendeten Banddicke heißt die Kassette „DC 90" (90 min Spieldauer) oder „DC 120" (120 min Spieldauer). Ein Vergleich der Spieldauer mit der einer Langspielplatte fällt zugunsten des „DC"-Systems aus. Selbstverständlich schließt das „DC"-System in Sonderfällen die Verwendung von Bändern abweichender Dicke oder abweichender elektromagnetischer Eigenschaften nicht aus.

Nicht weniger wichtig als die mechanischen sind die elektromagnetischen Eigenschaften der Spezialbänder. Hier wurden vor allem die jahrelangen Erfahrungen mit Tonaufzeichnungen hoher Informationsdichte sinnvoll angewendet. Die Verwendung von Dünnschichtbändern ergibt bei der verhältnismäßig niedrigen Bandgeschwindigkeit von 5,08 cm/s (2"/s) besonders günstige elektroakustische Übertragungseigenschaften. Bezüglich der Magnetisierungsdichte entspricht das „DC"-System dem zur Zeit optimalen Stand der Technik. Maß für die Magnetisierungsdichte ist die aufgezeichnete

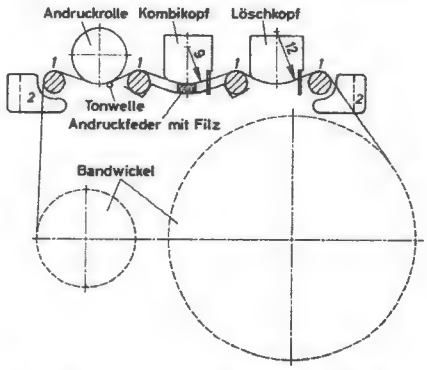


Bild 2. Schematische Darstellung des Bandlaufs beim „DC"-System (1 Umlenkbolzen, 2 Führungsgabel)

Wellenlänge λ, insbesondere die Grenzwellenlänge λ_G. Für die Aufzeichnung einer harmonischen Schwingung gilt

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

(v Bandgeschwindigkeit, λ aufgezeichnete Wellenlänge, f Frequenz). Auf Grund der günstigen Voraussetzungen des „DC"-Systems kann mit normalem Aufwand für die Entzerrung eine Grenzfrequenz von 10 kHz erreicht werden. Bei 5,08 cm/s

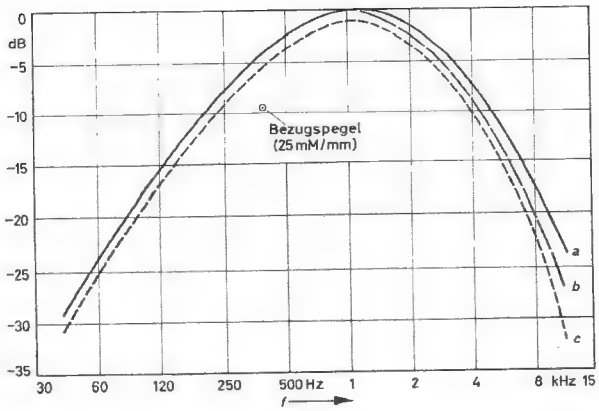


Bild 3. Vergleich der elektroakustischen Eigenschaften verschiedener Bänder beim „System DC-International" (v = 5,08 cm/s, f_{NF} = 333 Hz, I_{HF} = 1,4 mA, I_{NF} = 0,14 mA); *a* Spezialband für das „DC"-System, *b* Dreifachspielband, *c* Leerteil des Bezugsbandes nach DIN 45513

Bandgeschwindigkeit ergibt sich wegen

$$\lambda_G = \frac{v}{f_G}$$

eine Grenzwellenlänge von 5,08 µm.

Die elektroakustischen Eigenschaften der verwendeten Spezialbänder zeigt Bild 3. Zum Vergleich wurden der Leerteil des Bezugsbandes nach DIN 45 513 (Langspielband) und das handelsübliche Dreifachspielband herangezogen. Die Aussteuerung erfolgte in allen Fällen mit Vollpegel (k_3 = 5 %, f_{NF} = 333 Hz). Tonköpfe, Bandgeschwindigkeit und die üblichen Betriebsparameter entsprechen dem „System DC-International".

3. Spurlagen des „DC"-Systems

Die Spurlagen des „DC"-Systems ergeben sich aus der Bandbreite und der Dimensionierung der Tonköpfe. Um gute Dynamik zu erreichen, wurde eine optimale Spurbreite angestrebt. Ein weiterer Gesichtspunkt bei der Festlegung der Spurlagen war die Verwendbarkeit von bespielten Mono-Bändern auf Stereo-Geräten und von bespielten Stereo-Bändern auf Mono-Geräten. Die sich aus diesen Forderungen ergebenden Spurlagen sind im Bild 4 dargestellt. Die zusammengehörigen Stereo-Spuren liegen unmittelbar nebeneinander auf einer Bandhälfte. Der Spurabstand beträgt in allen Fällen 0,26 mm. Die Pfeile im Bild geben die Bewegungsrichtung des Bandes an, wobei die Magnetschicht dem Betrachter zugewendet ist.

Wie aus Bild 4 ersichtlich, wird bei Mono-Betrieb Halbspurtechnik und bei Stereo-Betrieb Viertelspurtechnik angewendet. Die Spieldauer ist daher analog zur Schallplatte bei Mono-Betrieb und bei Stereo-Betrieb gleich lang. Mono-Betrieb in Viertelspurtechnik (wie bei den konventionellen Viertelspur-Heimtonbandgeräten) ist nicht vorgesehen. Daher konnten die zusammengehörigen Stereo-Spuren so nahe nebeneinandergelegt werden, denn die notwendige Übersprechdämpfung von wenigstens 20 dB läßt sich auch bei so geringem Spurabstand leicht einhalten.

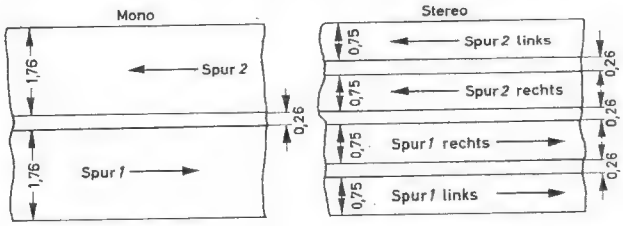


Bild 4. Spurlagen des „System DC-International" ▶

bei Stereo-Betrieb ein Halbspur-Löschkopf und ein kombinierter Viertelspur-Stereo-Kopf für Aufnahme und Wiedergabe.

Die Impedanz der Kombiköpfe ist an die der Transistor-Eingangsstufen angepaßt. Das konstruktive Hauptproblem bilden in allen Fällen die durch die Kassette vorgegebenen sehr geringen Abmessungen (Bild 5). Die Systemkerne der Kombiköpfe sind lamelliert, wobei eine Speziallegierung mit extrem weichmagnetischen Eigenschaften verwendet wird. Der geringe Kreisumfang der Systemkerne ergibt einen sehr guten Wirkungsgrad, der insbesondere der Dynamik der Aufzeichnung zugute kommt. Der Kern des Löschkopfes besteht aus Ferrit. Hierbei handelt es sich um ein besonders feinporiges, dichtgesintertes und daher bandschonendes Spezialferrit.

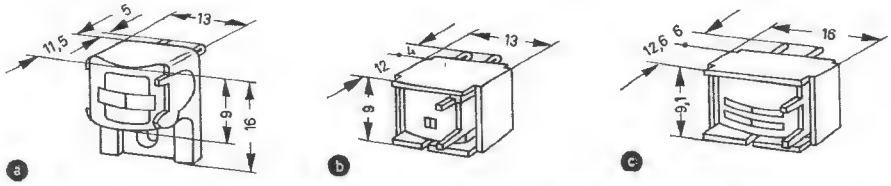


Bild 5. Abmessungen der Tonköpfe: a) Löschkopf, b) Mono-Kombikopf, c) Stereo-Kombikopf

In Ausnahmefällen kann die Kassette auch mit anderen Spurlagen verwendet werden. Einen derartigen Sonderfall bilden beispielsweise Sprachlehrgeräte, bei denen zwei übereinanderliegende Spuren gleichzeitig oder wechselweise benutzt werden müssen. In diesem Fall ist die für Mono-Betrieb übliche Übersprechdämpfung von 60 dB erforderlich, die sich nur mit einem größeren Spurabstand als 0,26 mm erreichen läßt. Hier wird man zweckmäßigerweise mit Halbspur-Stereo-Köpfen bei ausreichendem Spurabstand arbeiten.

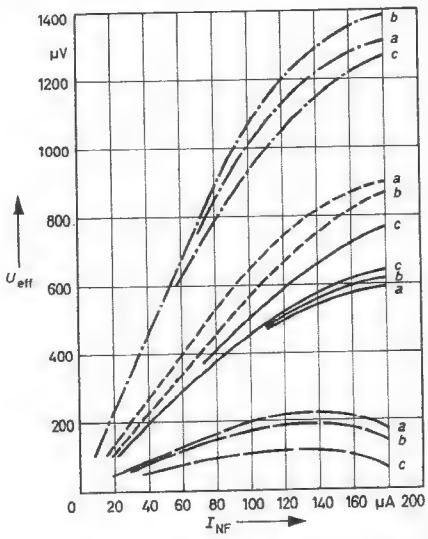


Bild 6. Dynamische Kennlinien des Halbspur-Kombikopfes bei 333 Hz (———), 1 kHz (- · · · · · -), 4 kHz (- - - -) und 8 kHz (— — —); *a* U_{HF} = 9,5 V, *b* U_{HF} = 11 V, *c* U_{HF} = 12,5 V (v = 5,08 cm/s, f_{HF} = 55 kHz; Band: DC-Bezugscharge)

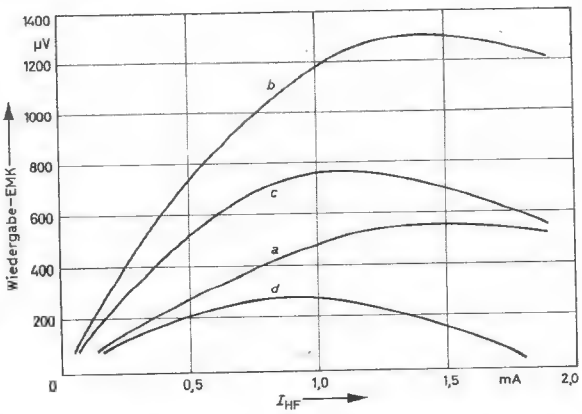


Bild 7. Empfindlichkeitskurven des Halbspur-Kombikopfes für 333 Hz (*a*), 1 kHz (*b*), 4 kHz (*c*) und 8 kHz (*d*) bei v = 5,08 cm/s, f_{HF} = 55 kHz und I_{NF} = 0,14 mA (Tonband: DC-Bezugscharge) ◀

4. Tonkopfdaten und Kennwerte

Für die systemgerechte Verwendung der Doppellochkassette sind folgende Tonköpfe erforderlich:

bei Mono-Betrieb ein Halbspur-Löschkopf und ein kombinierter Halbspur-Aufnahme-Wiedergabekopf,

Die elektromagnetischen Kennwerte seien am Beispiel des Halbspur-Kombikopfes und des Löschkopfes dargestellt. Die Betriebsparameter ergeben sich aus den Eigenschaften der verwendeten Spezialbänder. Bild 6 zeigt die dynamischen Kennlinien der Signalfrequenzen 333 Hz,

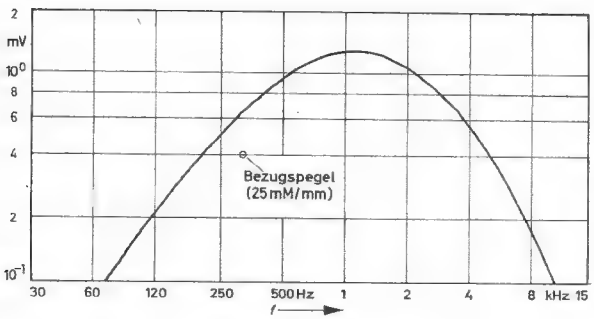
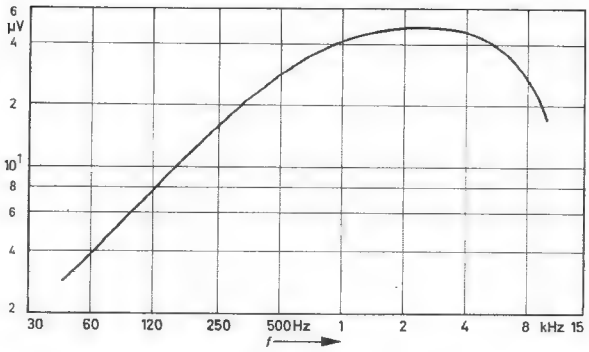


Bild 8. Frequenzkurve des Halbspur-Kombikopfes (v = 5,08 cm/s, I_{HF} = 1,4 mA, I_{NF} = 0,14 mA; Tonband: DC-Bezugscharge) ◀

Bild 9. Frequenzkurve des Halbspur-Kombikopfes beim Abspielen des Frequenzgangteils des Bezugsbandes 4,75 (Ausgabe 1963) mit 5,08 cm/s Bandgeschwindigkeit ▶



1 kHz, 4 kHz und 8 kHz bei 5,08 cm/s Bandgeschwindigkeit sowie 55 kHz Vormagnetisierungsfrequenz und Bild 7 die Abhängigkeit der Wiedergabe-EMK dieser Signalfrequenzen vom Vormagnetisierungsstrom. Aus den Kurvenscharen in diesen Bildern läßt sich ein den Geräteanforderungen angepaßter Vormagnetisierungsstrom (Arbeitspunkt) entnehmen. Die im Bild 8 dargestellte Frequenzkurve ist ein derartiges Beispiel. Der hier gewählte Vormagnetisierungsstrom erfordert eine Gesamtentzerrung (Aufnahme und Wiedergabe) von 21 dB für 10 kHz Grenzfrequenz. Zum Aussteuerungsvergleich ist der Bezugspegel nach DIN 45 513 bei 333 Hz ebenfalls eingetragen. Für die im Wiedergabekopf induzierte Spannung gilt das Induktionsgesetz

$$U_i = -w \frac{d\Phi}{dt}$$

(w Windungszahl, Φ magnetischer Fluß).

Verläuft der äußere magnetische Bandfluß nach einer Sinusfunktion

$$\Phi = \Phi_0 \cdot \sin \omega t,$$

was man bei Tonaufzeichnungen voraussetzen kann, so wird

$$U_i = -w \cdot \omega \cdot \Phi_0 \cdot \cos \omega t.$$

Nach dem Induktionsgesetz müßte die Frequenzkurve um 6 dB je Oktave ansteigen. Wie Bild 8 zeigt, gilt das aber nur für das erste Drittel der Frequenzkurve. Der andersartige Verlauf, besonders der starke Abfall am oberen Frequenzende, ist auf die Dämpfungsfaktoren (Bandflußdämpfung, Band-Kopfabstandsdämpfung, Spaltbreitendämpfung, Spaltwinkeldämpfung) zurückzuführen. Da die rechnerische Ermittlung dieser Faktoren umständlich ist, wird die Frequenzkurve in der Praxis meßtechnisch ermittelt.

Eine weitere Frequenzkurve ist im Bild 9 dargestellt. Sie ergibt sich beim Abspielen des Frequenzgangteils eines Bezugsbandes 4,75 (Ausgabe 1963) nach DIN 45 513 mit 5,08 cm/s Bandgeschwindigkeit. Der 333-Hz-Pegel entspricht einem Bandfluß, der 26 dB unter dem Bezugspegel von 25 mM/mm liegt. Der Pegelabfall dieser Frequenzkurve muß geräteseitig durch die Wiedergabeentzerrung linearisiert werden. Im vorliegenden Fall ist bei 10 kHz Grenzfrequenz eine Wiedergabeanhebung von 9 dB, bezogen auf den Gipfelpunkt der EMK-Frequenzkurve, erforderlich. Bild 10 zeigt die für den Löschkopf charakteristische Löschdämpfungskennlinie für die Löschung einer 1-kHz-Aufzeichnung. Aus diesem günstigen Verlauf der Dämpfungskurve ist zu ersehen, daß eine Löschdämpfung von mehr als 60 dB sichergestellt werden kann.

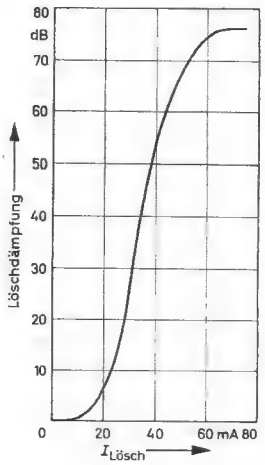


Bild 10. Löschdämpfungskennlinie für die Löschung einer 1-kHz-Aufzeichnung (v = 5,08 cm/s, f_{HF} = 55 kHz; Tonband: DC-Bezugscharge) ◀

nächst der Buchrücken mit einer Schrägneigung nach hinten geschoben und anschließend die Kasestte um den Buchrücken als Drehachse in das Becken eingeschwenkt und eingerastet. Das Auswerfen der Kassette erfolgt durch Betätigung einer Taste.

Bei den Geräten mit Kassettenschlitz (beispielsweise den Autotonbandgeräten *Grundig* „AC 50" und „AC 60" sowie *Blaupunkt* „AT 1" und „AT 2") schiebt man die Kassette in einen Schlitz an der Frontseite des Gerätes so ein, daß der Buchrücken nach außen zeigt (Bild 12). Durch Tastendruck wird dann die An-

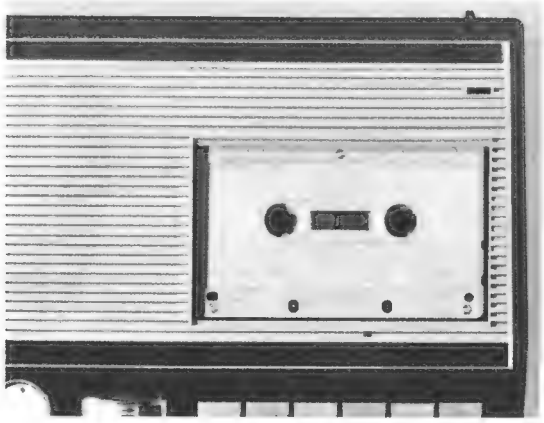


Bild 11. Im Kassettenbecken eingerastete Kassette ▶

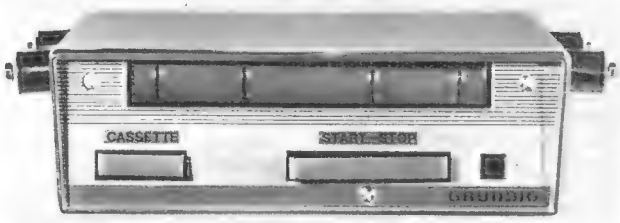


Bild 12. Autotonbandgerät mit Kassettenschlitz ▶

triebsmechanik in die vertikalen Öffnungen der Kassette eingefahren. Wie das Beispiel der Autotonbandgeräte zeigt, ergeben sich besonders durch die bespielte Kassette gegenüber der konventionellen Magnettontechnik noch zusätzliche Anwendungsgebiete und damit Gerätegruppen.

5. Gerätegruppen

Das „System DC-International" läßt sich grundsätzlich auf alle Gerätegruppen anwenden, die bisher in der Magnettontechnik praktische Bedeutung erlangt haben (zum Beispiel Batteriegeräte, Netzgeräte, Mono-Geräte, Stereo-Geräte, Einbauchassis, Einbaugeräte usw.). Eine charakteristische Unterteilung der Geräte ist nach der Art des Einlegens der Kassette möglich, und zwar unterscheidet man dabei Geräte mit einem Kassettenbecken und solche mit einem Kassettenschlitz.

Geräte mit Kassettenbecken sind beispielsweise das *Grundig* „C 100" und das *Telefunken* „M 401". Im Bild 11 ist die in dem Kassettenbecken eingerastete Kassette dargestellt. Beim Einlegen wird zu-

Schrifttum

Brauns, H.: Cassettensystem „DC-International" und Cassetten-Tonbandgerät „C 100". Funk-Techn. Bd. 20 (1965) Nr. 17, S. 664–667

Pieplow, H.-W.: „System DC-International". Ein neues Kapitel in der Geschichte der Musik-Tonbandgeräte. Grundig Techn. Inf. Bd. 12 (1965) S. 913–922

● Winckel, F.: Technik der Magnetspeicher. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1960, Springer

S. WEISSER

Interkanalmodulation in kommerziellen transistorisierten FM-Empfängern

Unter den technischen Daten kommerzieller Empfänger findet man die Interkanalmodulationsdämpfung, auch IKM-Festigkeit oder IKM-Abstand genannt. Die Angabe erfolgt in dB und bezieht sich meistens auf eine bestimmte Empfindlichkeit E (in µV). Um die Bedeutung dieser Angabe verständlich zu machen, sei zunächst die Natur der IKM-Störungen erklärt.

Ein Überlagerungsempfänger hat von der Antennenbuchse bis zum Demodulator eine Durchlaßbandbreite B, die in dem hier betrachteten Beispiel allein von der ZF-Bandbreite abhängen soll. Die HF-Vorstufe mit der Durchlaßbandbreite B_{HF} sei also verhältnismäßig breitbandig und erfasse mehrere Empfangskanäle der Bandbreite B (Bild 1). Zum Mischer gelangen dann alle Frequenzen des Frequenzbandes B_{HF} und werden dort mit der Oszillatorfrequenz f_{Osz} gemischt. Als Empfangsfrequenz ergibt sich die Frequenz f_0, die zusammen mit f_{Osz} die Zwischenfrequenz f_{ZF} liefert. Alle anderen Mischprodukte außerhalb der Bandbreite B können wegen der hohen ZF-Selektion kein NF-Signal im Demodulator erzeugen.

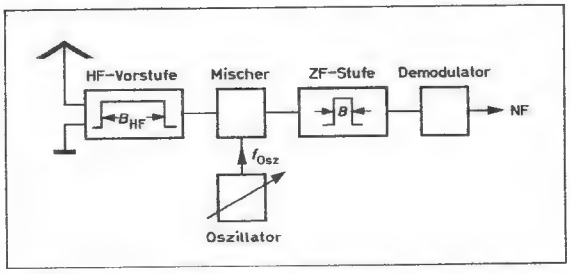


Bild 1. Blockschaltbild der ersten Stufen eines Überlagerungsempfängers; B_{HF} = Durchlaßbandbreite der Vorstufen, B = Durchlaßbandbreite von der Antenne bis zum Demodulator

Bei einem Empfänger mit der Empfindlichkeit E (in µV) und einer ZF-Selektion außerhalb des Empfangskanals von a (in dB) würden theoretisch Störfrequenzen außerhalb der Kanalbreite erst dann niederfrequente Störsignale hervorrufen, wenn ihr Pegel um a dB über E liegt. Praktisch können jedoch Frequenzen außerhalb von B schon mit bedeutend kleineren Amplituden stören. Hat beispielsweise ein Störträger f_1 den Abstand x (Hz) und eine andere Frequenz f_2 den Abstand $2x$ (Hz) von der eingestellten Empfangsfrequenz f_0 (Bild 2), so entsteht bei der Mischung der beiden Störträger f_1 und f_2 die Mischfrequenz f_x, die in den Empfangskanal fällt und gleich f_0 ist. Die Mischung erfolgt hierbei an der nichtlinearen Kennlinie von Vorstufentransistoren und Mischer.

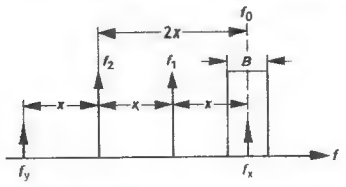


Bild 2. Entstehung der Mischfrequenz f_x bei Mischung der beiden Störträger f_1 und f_2

Empfangsstörungen dieser Art bezeichnet man als Interkanalmodulationsstörungen. Verantwortlich für den IKM-Effekt ist das kubische Glied der Aussteuerungskennlinien, das das Mischprodukt f_x liefert. Für f_x gilt

$$f_x = 2 f_1 - f_2 . \qquad (1)$$

Darin ist

$$f_1 = f_0 \pm x \qquad (2)$$

und

$$f_2 = f_0 \pm 2x . \qquad (3)$$

Setzt man Gl. (2) und Gl. (3) in Gl. (1) ein, so ergibt sich

$$f_x = 2 f_0 \pm 2x - f_0 \mp 2x = f_0 ,$$

und dieses Mischprodukt läßt sich durch kein Filter aussieben.

Der Vollständigkeit wegen sei auch noch das bei diesem Mischvorgang entstehende Produkt

$$f_y = 2 f_2 - f_1 = f_0 \pm 3x \qquad (4)$$

angegeben. f_y hat nur geringe Bedeutung, kann sich aber unter Umständen infolge Mischung mit einem dritten Störsender $f_3 = f_0 \pm 6x$ bemerkbar machen.

IKM-Empfangsstörungen können im kommerziellen Funksprechverkehr auftreten, bei dem die Frequenzbänder in gleich breite Kanäle unterteilt sind (Bild 3). Die Mittenfrequenzen dieser Kanäle bezeichnet man als Kanalrasterfrequenzen. Ist der Empfänger beispielsweise auf die Rasterfrequenz des Kanals 5 eingestellt, so werden infolge des IKM-Effektes auch die auf den Kanälen 1 und 3 sendenden Stationen zu hören sein, wenn sie mit ausreichender Feldstärke am Empfangsort eintreffen. Sind die Sender frequenzmoduliert, so stört der Träger auf Kanal 1 mit einfachem und der Träger auf Kanal 3 mit doppeltem Hub, gemäß der Beziehung $f_x = 2 f_1 - f_2$.

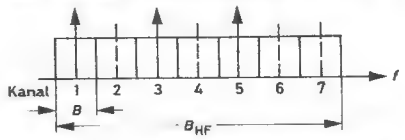


Bild 3. Frequenzband mit gleich breiten Kanälen

Diese Tatsache kommt in der Forderung der Deutschen Bundespost in bezug auf die IKM-Festigkeit von kommerziellen FM-Empfängern zur Geltung: „Zwei gleich stark einfallende Träger im einfachen und im doppelten Kanalabstand – von denen nur der erste moduliert ist – dürfen keine stärkere Einwirkung im Nutzkanal hervorrufen (Signal-Rausch-Verhältnis am NF-Ausgang von n [in dB]) als ein um I (in dB) schwächerer Nutzträger mit gleicher Modulation." I ist hierbei der IKM-Abstand, während n mit der Definition der Empfindlichkeit zusammenhängt.

Legt man an den Empfängereingang ein mit dem Nennhub moduliertes Empfangssignal der Spannung E (in µV), so entsteht am Empfängerausgang ein NF-Signal. Bei gleich starkem, jedoch unmoduliertem Träger wird ein um n (in dB) niedrigerer Rauschpegel gemessen. Da n allgemein mit 20 oder 12 dB festgelegt ist, definiert man als Empfängerempfindlichkeit diejenige Spannung E, die am Empfängerausgang ein Signal-Rausch-Verhältnis von 20 beziehungsweise 12 dB hervorruft.

Beim Vergleich von IKM-Angaben verschiedener Empfänger muß darauf geachtet werden, auf welchen n-Wert die Empfindlichkeit bezogen ist, da man, wie noch gezeigt wird, für kleinere n-Werte größere IKM-Abstände erhält.

Zur Messung der Interkanalmodulation eines Empfängers werden nach Bild 4 zwei Meßsender über eine Eichleitung an den Empfängereingang geschaltet. Die Eichleitung wird zunächst auf einen Dämpfungswert e (in dB) eingestellt, der etwas über dem zu erwartenden IKM-Dämpfungswert liegen soll. Den modulierten Meßsender U_1 regelt man bei $f_1 = f_0$ auf einen Spannungspegel, der am NF-Ausgang das Signal-Rausch-Verhältnis von n (in dB) erzeugt. U_2 bleibt unmoduliert und wird auf die gleiche Spannung wie U_1 gebracht.

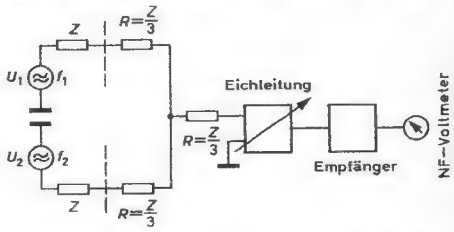


Bild 4. Schaltung zur Messung der Interkanalmodulation

Danach versetzt man die modulierte Frequenz f_1 um einen Kanalabstand B gegenüber f_0 und die unmodulierte Frequenz f_2 um den Betrag $2B$. Die Dämpfung der Eichleitung wird anschließend auf z (in dB) verringert, so daß am Empfängerausgang wieder ein NF-Signal-Rausch-Abstand von n auftritt. Der HF-Pegel am Empfängereingang wurde hierbei also um

$$I = e - z$$

erhöht. Definitionsgemäß hat damit der IKM-Abstand den Wert I (in dB).

Wie bereits erwähnt, entsteht die Interkanalmodulation durch das Glied dritter Potenz der Transistorkennlinie. Eine nur leicht gekrümmte Kennlinie kann man durch die ersten Glieder einer Taylorreihe annähern [1]

$$y = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!} x + \frac{f''(x_0)}{2!} x^2 + \frac{f'''(x_0)}{3!} x^3 + \ldots \qquad (5)$$

"UMWERFEND"

HAT ER GESAGT

Der erste Kunde, der unsere x-color-Antennen in die Hände bekam. Er ist ein Händler und heißt Auchmüller. Von „neuer Mode" und „öfter mal was neues" hatte er etwas gemurmelt und „was soll das denn" – da haben wir ihn an ein Meßgerät gesetzt und selber messen lassen und dann hat es ihn – siehe oben

---

ÜBERZEUGEN SIE SICH VON

fuba x-color

In Gl. (5) ist $y = i_C$ der Collectorstrom, $x_0 = U_B$ die Basis-Emitter-Gleichspannung, $f(x_0) = I_C$ der Collectorstrom im Arbeitspunkt, $f'(x_0) = \frac{d\,i}{d\,u} = S$ die Steilheit im Arbeitspunkt, $f''(x_0) = \frac{d^2\,i}{d\,u^2} = K$ die Krümmung der Arbeitskennlinie und $f'''(x_0) = \frac{d^3\,i}{d\,u^3} = T$ die Änderung der Krümmung.

Bei der Messung des IKM-Abstandes werden zwei Frequenzen gleicher Spannung auf den Empfängereingang gegeben, und zwar

$$x_1 = U \cdot \cos a \tag{6}$$

und

$$x_2 = U \cdot \cos b \tag{7}$$

mit $a = 2\pi \cdot f_1 \cdot t$ und $b = 2\pi \cdot f_2 \cdot t$. Als Steuersignal wirkt also

$$x = U(\cos a + \cos b)\,. \tag{8}$$

Mit Gl. (8) erhält man

$$x^2 = U^2\left[1 + \frac{1}{2}\cos 2\,a + \frac{1}{2}\cos 2\,b + \cos(a-b) + \cos(a+b)\right] \tag{9}$$

sowie

$$x^3 = U^3\left[\frac{9}{4}\cos a + \frac{9}{4}\cos b + \frac{1}{4}\cos 3\,b + \frac{1}{4}\cos 3\,a + \frac{3}{4}\cos(2\,a+b) + \frac{3}{4}\cos(2\,b+a) + \frac{3}{4}\cos(2\,b-a) + \frac{3}{4}\cos(2\,a-b)\right]. \tag{10}$$

Das letzte Glied von Gl. (10) ist das gesuchte IKM-Produkt mit der Frequenz $f_X = 2\,f_1 - f_2$. Wie man aus den Gleichungen erkennt, würde bei rein quadratischer Kennlinie keine Interkanalmodulation auftreten.

Mit Gl. (5) und Gl. (10) ergibt sich der IKM-Strom zu

$$i_I = \frac{1}{3!}\,\frac{d^3\,i}{d\,u^3}\cdot\frac{3}{4}\cdot U^3\cdot\cos 2\pi(2\,f_1 - f_2)\,t\,; \tag{11}$$

seine Amplitude hat den Wert

$$I_I = \frac{1}{8}\cdot\frac{d^3\,i}{d\,u^3}\cdot U^3\,. \tag{12}$$

Der IKM-Störstrom steigt also kubisch mit der Störspannung U an. Der Wert $\frac{d^3\,i}{d\,u^3}$ kann aus der Gleichung der Halbleiterkennlinie abgeleitet werden.

Der Basisstrom eines Transistors verläuft nach der gescherten e-Funktion [1]

$$I_B = I_s \cdot e^{\frac{U_B - I_B \cdot R_b}{U_T}}\,. \tag{13}$$

Darin bedeutet $U_T = k \cdot T$ die Temperaturspannung (bei 300 °K ist $U_T = 26$ mV), I_s den Sperrsättigungsstrom der Basisdiode, R_b den Basisbahnwiderstand und U_B die Basis-Emitter-Spannung. Mit der Stromverstärkung β, die in der Umgebung des Arbeitspunktes als konstant angenommen werden kann, wird der Collectorstrom

$$I_C = \beta \cdot I_B = \beta \cdot I_s \cdot e^{\frac{U_B - I_B \cdot R_b}{U_T}}\,. \tag{14}$$

Gl. (14) beschreibt den Collectorstrom eines Transistors in Emitterschaltung bei kurzgeschlossenem Collector, also bei $R_a = 0$. Differenziert man Gl. (14) nach U_B, so erhält man die Kurzschlußsteilheit im Arbeitspunkt

$$S = \frac{d\,I_C}{d\,U_B} = \frac{1}{\frac{U_T}{I_C} + \frac{R_b}{\beta}}\,. \tag{15}$$

Die zweite Ableitung von Gl. (14) liefert die Krümmung der Kennlinie

$$K = \frac{d\,S}{d\,U_B} = \frac{d^2\,I_C}{d\,U_B^2} = \frac{U_T}{I_C^2}\cdot\frac{1}{\left(\frac{U_T}{I_C} + \frac{R_b}{\beta}\right)^3}\,. \tag{16}$$

Daraus ergibt sich die Änderung der Krümmung zu

$$T = \frac{d\,K}{d\,S} = \frac{d^3\,I_C}{d\,U_B^3} = \frac{I_C}{U_T^3}\cdot\frac{1 - 2\frac{I_C \cdot R_b}{\beta \cdot U_T}}{\left(1 + \frac{I_C \cdot R_b}{\beta \cdot U_T}\right)^5}\,. \tag{17}$$

Mit Gl. (12) und Gl. (17) erhält man für den IKM-Strom

$$I_I = \left|\frac{1}{8}\cdot\frac{I_C}{U_T^3}\cdot\frac{1 - 2\frac{I_C \cdot R_b}{\beta \cdot U_T}}{\left(1 + \frac{I_C \cdot R_b}{\beta \cdot U_T}\right)^5}\right|\cdot U^3\,. \tag{18}$$

R_b setzt sich in der Praxis aus dem Basisbahnwiderstand und dem Quellwiderstand des Steuergenerators zusammen. Wie man aus Gl. (18) erkennt, wird bei einem bestimmten Collectorstrom der IKM-Strom Null. Bei

$$I_C = \frac{1}{2}\,\frac{\beta \cdot U_T}{R_b} \tag{19}$$

ist also ein Maximum des IKM-Abstandes zu erwarten. Daher kann man durch Wahl des Arbeitspunktes das IKM-Verhalten eines Transistors beeinflussen. Obwohl die mathematischen Betrachtungen relativ genau nur bei niedrigen Frequenzen gelten, ist die Stromabhängigkeit der Interkanalmodulation auch noch bei hohen Frequenzen vorhanden.

Der IKM-Abstand kann mit Gl. (15) und Gl. (18) gewonnen werden. Nach Gl. (15) fließt im Collectorkreis eines Transistors ($R_a \ll R_i$) bei einem Nutzsignal U_N der Nutzstrom

$$I_N = S \cdot U_N = \frac{1}{\frac{U_T}{I_C} + \frac{R_b}{\beta}}\cdot U_N\,. \tag{20}$$

Wird nun von zwei Störsignalen ein gleich großer IKM-Strom erzeugt, so liegen die Amplituden der dazugehörigen Spannungen um den IKM-Abstand über U_N.

Mit Gl. (18) und Gl. (20) erhält man für $I_N = I_I$

$$\frac{U}{U_N} = \frac{1}{U^2}\left|\frac{8\,U_T^2\left(1 + \frac{I_C \cdot R_b}{\beta \cdot U_T}\right)^4}{1 - 2\cdot\frac{I_C \cdot R_b}{\beta \cdot U_T}}\right|\,. \tag{21}$$

Zur Vereinfachung bezeichnet man das konstante Glied in Gl. (21) mit A.

$$\frac{U}{U_N} = \frac{A}{U^2}\,. \tag{22}$$

Der IKM-Abstand ist also eine Funktion von U^2. Formt man Gl. (22) um, so erhält man den IKM-Abstand in Abhängigkeit von der Nutzspannung

$$\frac{U}{U_N} = \sqrt[3]{\frac{A}{U_N^2}} \tag{23}$$

oder in dB ausgedrückt

$$I = 20\lg\frac{U}{U_N} = \frac{20}{3}(\lg A - 2\lg U_N)\,. \tag{24}$$

Wie man aus Gl. (24) erkennt, sinkt der IKM-Abstand mit wachsendem Nutzsignal. Ein Empfänger habe beispielsweise eine Empfindlichkeit von $E_1 = 0{,}5$ µV bei einem Signal-Rausch-Verhältnis von $n = 20$ dB; der IKM-Abstand werde dabei mit 60 dB gemessen. Bezieht man die Empfindlichkeit desselben Empfängers auf $n = 12$ dB, so wird die Eingangsspannung um 8 dB niedriger, also $E_2 = 0{,}2$ µV. Der auf diese Spannung bezogene IKM-Abstand ergibt sich mit Gl. (24) zu

$$I_2 = I_1 + \frac{40}{3}(\lg E_1 - \lg E_2) = 60 + 5{,}3 = 65{,}3\ \text{dB}\,.$$

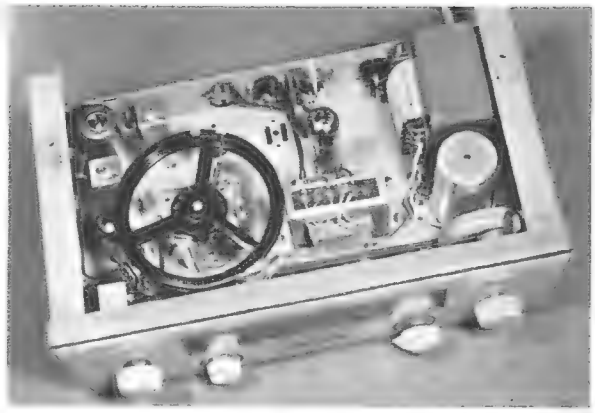
Aus der Spannungsabhängigkeit des IKM-Abstandes folgt, daß bei einem aus gleichen Stufen bestehenden Linearverstärker die IKM-Produkte hauptsächlich von der letzten Stufe verursacht werden. Daher wird man bei einem FM-Empfänger die HF-Verstärkung der Vorstufe möglichst kleinhalten. Um dies verwirklichen zu können, muß die Empfindlichkeit am Mischereingang bereits so groß sein, daß nur noch eine kleine Anhebung des HF-Pegels durch die Vorstufe notwendig ist. Die vorstehenden mathematischen Untersuchungen haben gezeigt, daß das IKM-Verhalten eines Transistors von mehreren Faktoren abhängt. Bei einem Transistor mit verhältnismäßig großem Außenwiderstand, mit Rückwirkungs- und Eingangskapazität sind bei hohen Frequenzen die genauen Zusammenhänge jedoch nur schwierig zu erfassen. Den günstigsten Arbeitspunkt kann man hier durch überschlägliche Berechnung und experimentelles Verändern der Parameter Collectorgleichstrom und Ansteuerungswiderstand finden.

Schrifttum

[1] Untersuchung des Kreuzmodulationsverhaltens von HF-Transistoren. Telefunken Röhren- und Halbleitermitteilung Nr. 590 551

Für den KW-Amateur

Zwei Bausätze für Allwellenempfänger



Nicht jeder KW-Amateur hat eine Sendelizenz; mancher begnügt sich – sei es oft auch nur im Anfang seiner KW-Tätigkeit – mit dem Abhören von Sendungen. Allerdings möchte er dabei gewöhnlich mit seinem Empfänger außer den Amateur-Funkbereichen auch KW-Rundfunksendungen und Stationen der Spezialbänder (beispielsweise der internationalen Luft- und Seefahrtnavigation) empfangen können und ferner die Möglichkeit zum weltweiten Empfang von Rundfunkstationen in anderen Frequenzbereichen haben. Geräte für diesen Zweck sind im Prinzip Kurzwellensuper mit zusätzlichem Mittelwellenband und empfangen im günstigsten Falle das Gebiet von 30 MHz bis 180 kHz. Neben Rundfunkempfang wird vielfach auch die Aufnahme von Telegrafie geboten.

Im Rahmen der Exportprogramme der Industrie werden solche Empfänger in den führenden Ländern der Welt gefertigt. Daneben gibt es ein Angebot für den Selbstbau, aus dem zwei Vertreter vorgestellt seien. In den meisten Fällen wird UKW- und Langwellenempfang weniger gewünscht, denn die UKW-Reichweite ist häufig auf Sicht begrenzt, und der Weltempfang auf Langwellen scheidet meistens wegen der starken Störanfälligkeit dieses Bereiches aus.

Bild 1. 6-Kreis-Super „Pilot AM II" (*Rim*) ▶

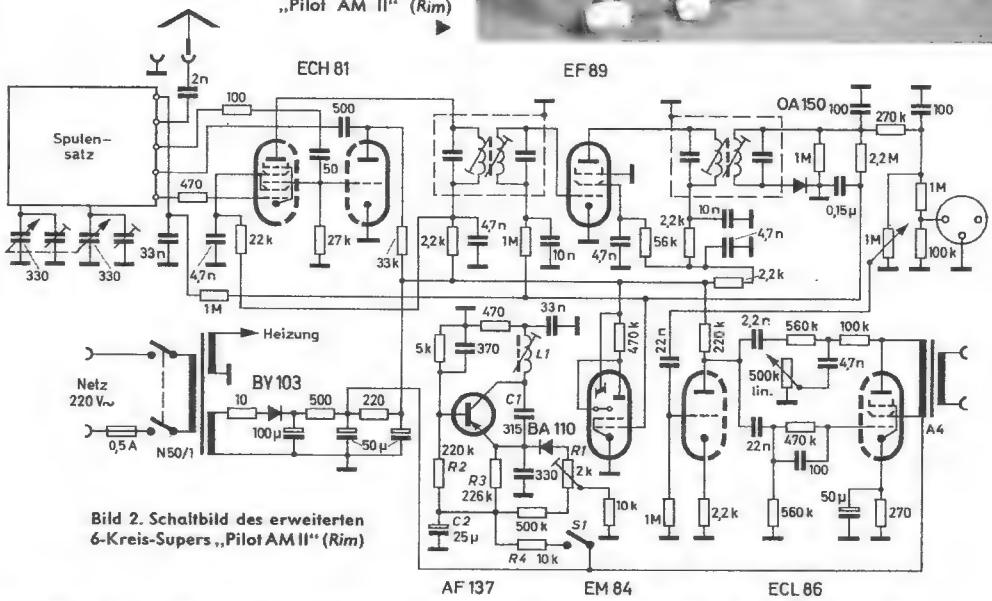


Bild 2. Schaltbild des erweiterten 6-Kreis-Supers „Pilot AM II" (*Rim*)

Preisgünstiger 6-Kreis-Super

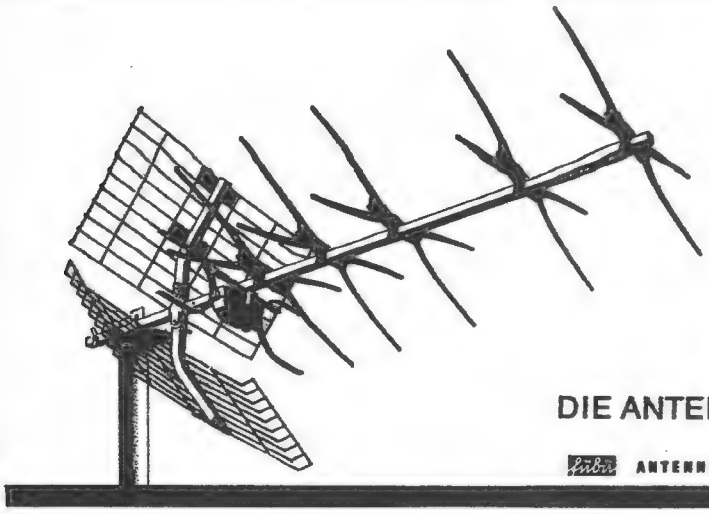
Mit einem Bausatz „Pilot AM II" von *Radio-Rim*, München, kann man mit einem 6-Kreis-4-Röhrensuper den durchgehenden und in fünf Bänder aufgeteilten Bereich von 20 MHz ... 520 kHz empfangen. Dieses Gerät hat eine ZF von 467 kHz, 3-W-Endstufe mit Klangregler und ist mit den Röhren ECH 81, EF 89, ECL 86 und EM 84 bestückt. Hinzu kommen die Diode OA 150 für die Demodulation und der Netzgleichrichter BY 103. Zum kompletten Bausatz gehören Gehäuse und Skala mit geeichtem Skalenblatt (Bild 1).

In der nach Bild 2 erweiterten Ausführung ist noch ein abschaltbarer Telegrafie-Oszillator mit dem Transistor AF 137 vorhanden. Die Rückkopplung erfolgt kapazitiv mit *C 1*. Die Oszillatorfrequenz von etwa 467 kHz kann mit dem Spulenkern von *L 1* grob abgeglichen werden. Kleinere Frequenzänderungen zur Wahl der Tonhöhe sind mit dem Regler *R 1* möglich. Wenn man so die Spannung an der Diode BA 110 verändert, ändert sich auch die Diodenkapazität, und der Schwingkreis wird verstimmt. Die Spule *L 1* besteht aus 230 Wdg. (CuL 0,3 mm) auf einem *Vogt*-Spulenkörper „B 8/33" mit dem zugehörigen *Vogt*-Kern „GW 8/17 × 1,25". Um den Transistor an die hohe Betriebsspannung von 250 V anschließen zu können, sind die Versorgungswiderstände nach Plus mit 220 kOhm (*R 2*) und 226 kOhm (*R 3*) bemessen. *R 4*, *C 2* sieben die Betriebsspannung, damit der BFO einen reinen Überlagerungston liefert. Mit Schalter *S 1* läßt sich der BFO ein- und ausschalten.

Wer über ausreichende Erfahrungen im Empfängerbau verfügt, kann dieses einfache Gerät zu einem Doppelsuper ausbauen. Dazu werden ein zusätzlicher Oszillator mit Mischstufe (ECH 81) und zwei 100-kHz-ZF-Filter benötigt. Durch das Doppelsuperprinzip nimmt die Trennschärfe des Empfängers wesentlich zu. Die Klangqualität kann nur mittleren Anforderungen entsprechen. Einen Ausweg bietet die Dimensionierung des zweiten ZF-Bandfilters für umschaltbare Bandbreite. Es stehen dann wahlweise die Bandbreiten ±1,8 kHz oder ±3,6 kHz zur Verfügung.

Spitzensuper mit Sondereigenschaften

Je komplizierter die Schaltung ausgelegt ist, um so schwieriger werden Aufbau, Abgleich und etwaige Fehlersuche. Wenn man gedruckte Schaltungsplatten verwenden kann, wie beispielsweise beim Spitzensuper „GR-54 E" von *Heathkit*, ist der Selbstbau an Hand des 65 Seiten (Großformat) umfassenden Handbuchs verhältnismäßig einfach. Dieser moderne und leistungsfähige Allwellenempfänger (Bild 3) hat drei gespreizte KW-Bänder (2 ... 5 MHz, 5 ... 12,5 MHz, 12,5 ... 30 MHz), Mittelwellen



Fuba Color

Ein neues Antennen-System mit überzeugenden Vorzügen.

Bessere Schwarz-Weiß-Bilder als bisher. Sicheren Empfang bei Umstellung auf Farbfernsehen. Gesteigerter Gewinn — unveränderte Preise. Fordern Sie Informationsmaterial.

DIE ANTENNEN FÜR HEUTE UND MORGEN

Fuba ANTENNENWERKE HANS KOLBE & CO · 3202 BAD SALZDETFURTH

(550 ... 1550 kHz) sowie das internationale Luft- und Seefahrt-Navigationsband (180 bis 420 kHz). Die Trennschärfe ist etwa 3 kHz bei —6 dB oder 8 kHz bei —20 dB. Der Empfänger hat acht Kreise, sechs Röhren, sechs Dioden und zwei Siliziumgleichrichter, eingebauten Lautsprecher, Anschlußbuchsen für Zusatzlautsprecher, Kopfhörer und Morsetaste.

Bemerkenswert sind die Sondereigenschaften dieses vielseitigen Spitzenempfängers, wie halbes Kreuzgliedfilter für maximale Trennschärfe, Produktdetektor für SSB- und CW-Empfang, Umschalter für das obere und untere Seitenband, eingebautes S-Meter, eingebautes Morse-Übungsgerät,

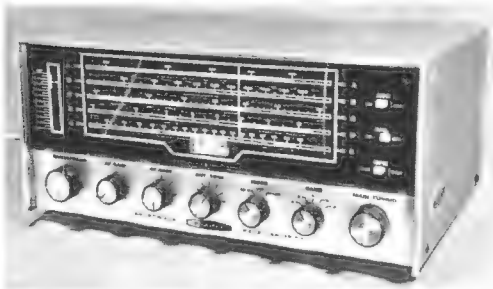


Bild 3. Außenansicht des Spitzensupers „GR-54 E" (Heathkit)

kontinuierliche Bandspreizung, automatische Störbegrenzung, Antennentrimmer.

Wie die Blockschaltung Bild 4 zeigt, folgt auf die HF-Vorstufe mit der Röhre 6BH6 (*Rö 1*) die Mischröhre 6EA8 (*Rö 2a*). Das Mischprodukt aus Eingangs- und Oszillatorsignal (ZF 1682 kHz) wird in dem anschließenden zweistufigen ZF-Teil mit zwei Röhren 6BA6 (*Rö 3, Rö 4*) verstärkt. Der AM-Demodulator ist mit zwei Halbleiterdioden bestückt (*D 3, D 4*), während der Produktdetektor für SSB- und CW-Empfang mit der Röhre 12AT7 (*Rö 5b*) arbeitet.

Der zweistufige NF-Teil mit der Röhre 6HF8 (*Rö 6a, Rö 6b*) ist mit einem Störbegrenzer ausgestattet (*D 5, D 6*). Ferner sind für SSB- und Telegrafieempfang der Oszillator mit der Röhre 12AT7 (*Rö 5a*), für den Schwundausgleich die Dioden *D 1, D 2* und im Netzteil die Siliziumgleichrichter *D 7, D 8* angeordnet.

Der Eingangskreis des HF-Verstärkers ist abgestimmt. Die Antenne wird induktiv gekoppelt und mit Hilfe eines Antennen-

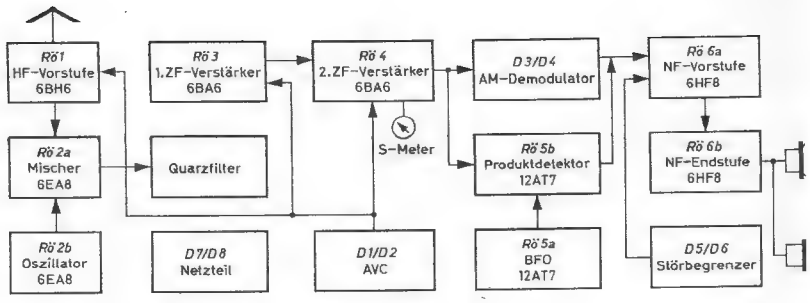


Bild 4. Blockschaltung des Spitzensupers „GR-54 E" von Heathkit

trimmers angepaßt; damit können Verstimmungen des Vorkreises durch unterschiedliche Antennen ausgeglichen werden. Der Vorkreis ist kapazitiv an das Steuergitter von *Rö 1* gekoppelt. Der Anodenkreis von *Rö 1* ist abstimmbar. Das verstärkte HF-Signal gelangt ebenfalls kapazitiv an das Steuergitter von *Rö 2a*. Am Steuergitter der Mischröhre *Rö 2a* liegt über einem Kondensator auch das Oszillatorsignal. Eine Bandspreizung erfolgt mit Hilfe eines parallel zum Oszillatordrehkondensator geschalteten Drehkondensators kleiner Kapazität. Durch Mischen des Ein- und Ausgangssignales entsteht an der Anode von *Rö 2a* das ZF-Signal.

Am Eingang des zweistufigen ZF-Teiles ist ein Half-Lattice-Filter (halbes Kreuzgliedfilter, Bandfilter mit zwei Quarzen) angeordnet. Das Filter begrenzt die ZF-Bandbreite auf 3 kHz bei 6 dB beziehungsweise auf 7,5 kHz bei 20 dB.

Zwischen den ZF-Röhren *Rö 3* und *Rö 4* ist die Kopplung gleichfalls kapazitiv. Im Anodenkreis jeder ZF-Röhre liegt je ein einkreisiges Bandfilter. Von der Anode der letzten ZF-Röhre gelangt das Signal zu den beiden Demodulatordioden *D 3, D 4*.

Bei ausgeschaltetem AVC-Schalter liegt die von den Dioden *D 1, D 2* erzeugte Regelspannung an den Steuergittern der Röhren *Rö 1, Rö 3* und *Rö 4*. Dadurch ist ein weitgehend ausgeglichenes NF-Signal möglich. Beim Einlegen eines Schalters *S 5* (Bild 5) wird der Störbegrenzer wirksam. Die jetzt an den NF-Kreis geschalteten Dioden *D 5, D 6* kappen Störspitzen über dem NF-Signal ab.

Zum Empfang von Einseitenband- und Telegrafiesignalen ist ein Produktdetektor eingebaut (Bild 5). Über *C 9* wird ein Teil des ZF-Signales an das Gitter der Röhre 12AT7 (*Rö 5b*) gekoppelt. Das BFO-Signal gelangt an die Katode. Durch Mischen der Signale entsteht an der Anode die NF. Die BFO-Frequenz für das obere Seitenband und für Telegrafie ist durch *L 4* und *C 10, C 11* bestimmt. Für das untere Seitenband werden mit *S 3* die Kondensatoren *C 12, C 13* zugeschaltet. Der BFO arbeitet dann auf einer niedrigeren Frequenz.

Das Signal des AM-Demodulators oder des Produktdetektors gelangt über den Lautstärkeregler *P 2* und über Kondensator *C 14* zum Gitter des NF-Vorverstärkers 6HF8 (*Rö 6a*). Nach weiterer Verstärkung in der Endröhre (*Rö 6b*) wird das Signal über *Tr 2* an den eingebauten Lautsprecher oder den angeschlossenen Kopfhörer (*Bu 2*) gegeben. An *Bu 3* kann eine Morsetaste für Übungszwecke angeschlossen werden. Bei Empfang muß *Bu 3* kurzgeschlossen sein.

Im Netzteil wird die Anodenspannung durch Zweiweggleichrichtung mit zwei Siliziumdioden (*D 7, D 8*) gewonnen und in den sich anschließenden Siebgliedern geglättet. Die Röhren der einzelnen Stufen sind aus Gründen besserer Entkopplung an verschiedene Punkte der Siebkette geschaltet.

Wie die durchgeführten Empfangstests zeigten, ist der Allwellensuper „GR-54 E" für den Weltrundfunkhörer ein vielseitig verwendbares Gerät. Die Abstimmung auf den Kurzwellenbändern wird durch die Bandspreizung mit zusätzlicher Vertikalskala sehr erleichtert, insbesondere wenn in Amateurfunkbereichen SSB-Stationen genau abgestimmt werden sollen. Antennenabstimmung und ein im Katodenkreis der HF-Röhre angeordneter Empfindlichkeitsregler sind ebenso wie S-Meter, AVC-Schalter, Störbegrenzer und Sende-Empfangsschalter nützliche Einrichtungen. Die Anordnung der Bedienungsknöpfe, die Großsichtskala und die Formgestaltung entsprechen weitgehend dem heutigen Geschmack. Bild 6 zeigt noch einen Blick auf das Chassis des Empfängers.

Werner W. Diefenbach

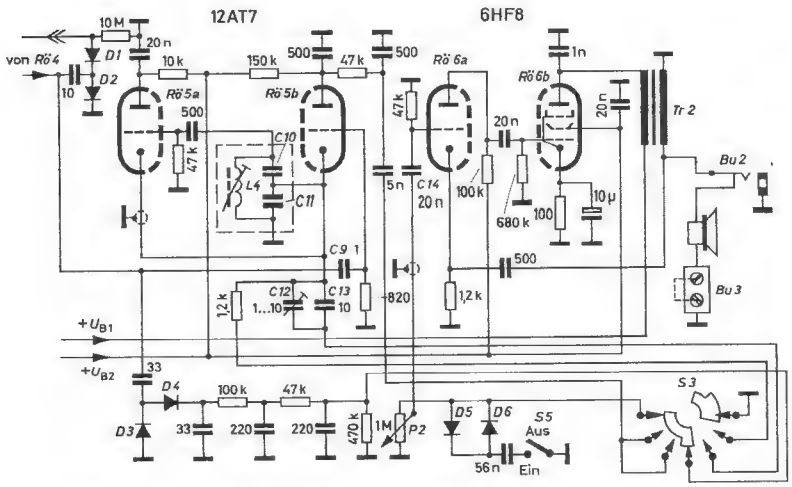


Bild 5. Teilschaltbild des „GR-54 E" mit Produktdetektor, Demodulator und NF-Teil

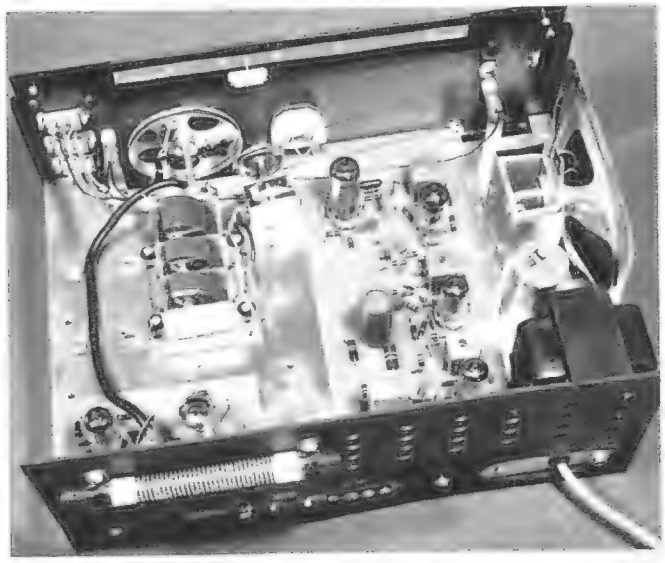


Bild 6. Chassisansicht des „GR-54 E" von oben ▶

TELEFUNKEN

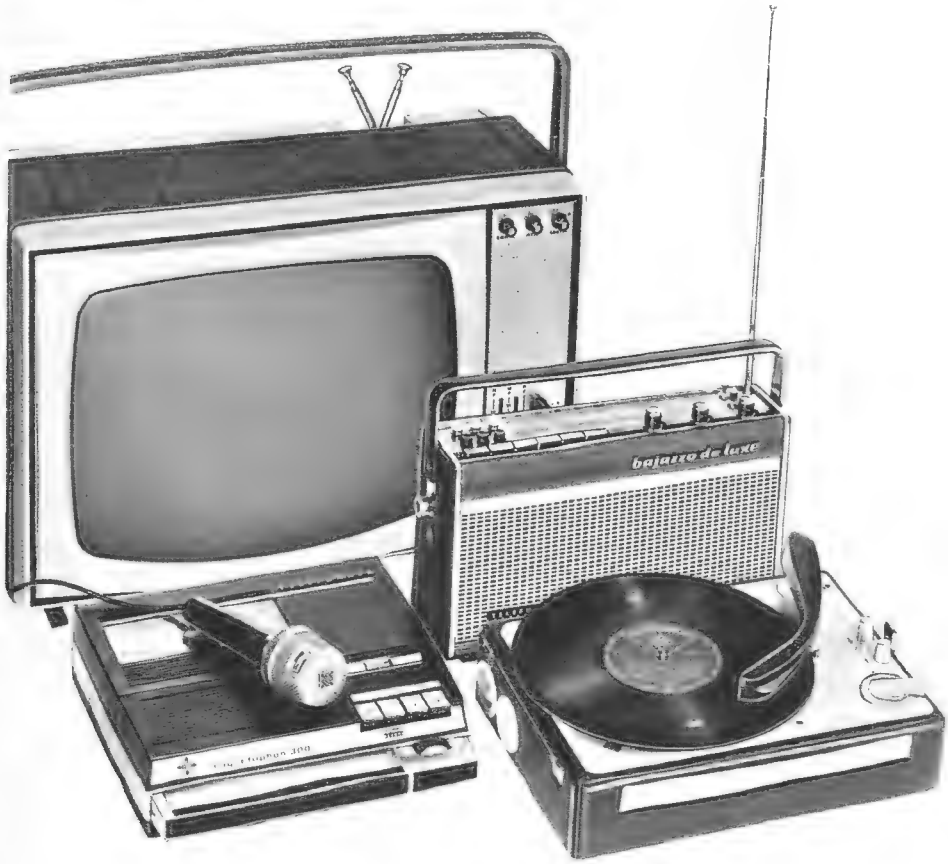
Sommerzeit!
Gute Laune „griffbereit"!
Was heißt das für Sie?

Unter diesem Motto hat TELEFUNKEN eine zugkräftige Sommer-Aktion vorbereitet: Anzeigen in Illustrierten, Anzeigen in Sonntagszeitungen, Prospekte in allen Lesezirkelmappen – und viele Werbemittel für Ihr Geschäft.

Jetzt – in der Portable-Zeit – zeigt sich die Stärke des TELEFUNKEN-Sortiments: was Ihre Kunden auch von Ihnen verlangen – in jedem Fall können Sie „TELEFUNKEN" bieten.

Werben Sie mit diesem „all-round"-Angebot! Zeigen Sie die TELEFUNKEN-Portables immer als komplette Gruppe: bajazzo, magnetophon 300, Musikus 105 BN und FE 105 P. – Jedes einzelne Gerät ein Bestseller! „Alle zusammen" – Ihre große Verkaufschance in dieser Portable-Saison.

Alles spricht für TELEFUNKEN



Sommerzeit – gute Laune „griffbereit"!

Fordern Sie jetzt an:
Sonderprospekt
Mobile · Aufsteller
Fensterstreifen

H. SCHWEIGERT, SEL, Stuttgart

Hochfrequenzoszillatoren mit Schwingkreisen

Im folgenden Beitrag für den jungen Techniker sollen Oszillatorschaltungen behandelt werden, die mit einem Schwingkreis als frequenzbestimmendem Organ ausgestattet sind. Oszillatoren, bei denen die Frequenz durch *RC*-Glieder (*RC*-Oszillatoren) oder durch Quarze (Quarzoszillatoren) bestimmt wird, bleiben hier unberücksichtigt. Ebenso werden nur Schaltungen beschrieben, die vorwiegend zum Erzeugen von Hochfrequenzschwingungen dienen, also beispielsweise keine Schwebungssummer zum Erzeugen von niederfrequenten Schwingungen. Die Darstellung ist bewußt einfach gehalten; mathematische Ableitungen wurden vermieden. Nach Möglichkeit wurde jeder Röhrenschaltung eine analoge Transistorschaltung gegenübergestellt.

1. Schwingungserzeugung durch Rückkopplung

Wird ein Teil einer verstärkten Wechselspannung wieder auf den Eingang des verstärkenden Organs (zum Beispiel Röhre, Transistor) zurückgeführt, so addiert sich diese bei richtiger Phasenlage zu der ursprünglich dort vorhandenen Spannung. Das bewirkt aber wieder eine Vergrößerung der Ausgangsspannung der Röhre oder des Transistors, wodurch sich die auf den Eingang zurückgeführte Spannung ebenfalls erhöht und sich zu der dort schon vorhandenen Spannung addiert. Auf diese Weise kommt eine Aufschaukelung der Wechselspannung zustande, die sich theoretisch bis ins Unendliche steigern würde, praktisch jedoch durch die stets vorhandenen Verluste und die Nichtlinearitäten der Verstärkerkennlinien begrenzt wird.

Den beschriebenen Vorgang nennt man Rückkopplung, weil ein Teil der verstärkten Ausgangsspannung wieder auf den Eingang des Verstärkerelementes zurückgebracht (rückgekoppelt) wird. Liegen im Eingangs- oder Ausgangskreis des Verstärkers schwingfähige Schaltungen, zum Beispiel Schwingkreise, so kann Selbsterregung auftreten. Das bedeutet, daß die Zuführung einer Wechselspannung von außen nicht mehr erforderlich ist, wenn der Ausgangskreis so stark auf den Eingangskreis koppelt, daß die zur Aufschaukelung und Aufrechterhaltung einer Schwingung erforderliche Energie zum Eingang übertragen wird. Die Schaltung im Bild 1 kann beispielsweise infolge dieses Rückkopplungsvorganges ungedämpfte Schwingungen erzeugen, deren Frequenz der Eigenfrequenz des Schwingkreises L, C entspricht.

Die Verstärkung der Röhre darf dabei um so kleiner sein, je größer der Rückkopplungsfaktor ist, das heißt, je mehr Energie vom Anodenkreis zum Gitterkreis zurückgeführt wird. In einer Gleichung ausgedrückt, gilt für die Schwingungserzeugung

$$K = \frac{u_g}{u_a} = \frac{1}{V}. \qquad (1)$$

Darin ist K der Rückkopplungsfaktor, u_g die Gitterwechselspannung und u_a die Anodenwechselspannung. Die Verstärkung V der Röhre muß also dem reziproken Wert des Rückkopplungsfaktors K entsprechen, damit Schwingungen entstehen können. Dabei ist zu beachten, daß die Rückkopplung phasenrichtig erfolgt, das heißt, die zurückgeführte Spannung muß dieselbe Phasenlage wie die Spannung am Eingang haben, damit sie sich zu dieser addiert. Diese phasenrichtige Rückkopplung nennt man auch Mitkopplung.

Das Gegenteil davon ist die Gegenkopplung. Hierbei wird die rückgekoppelte Spannung mit entgegengesetzter Phase dem Eingang zugeführt, so daß sich die Eingangsspannung verkleinert. Beide Arten der Spannungsrückführung bezeichnet man jedoch als Rückkopplung. Durch richtige Polung entweder der Schwingkreisspule L oder der Koppelspule L_K erreicht man die gewünschte Mitkopplung. Die im Bild 1 eingetragenen Punkte geben die Stellen an, an denen gleiche Polarität der Spannungen herrschen muß, damit eine phasenrichtige Rückkopplung entsteht.

2. Einteilung der Schwingungserzeuger

Auf dem Prinzip der Rückkopplung (oder richtiger: der Mitkopplung) beruhen die meisten Schwingungserzeuger oder Generatoren. Generatoren für große Leistungen

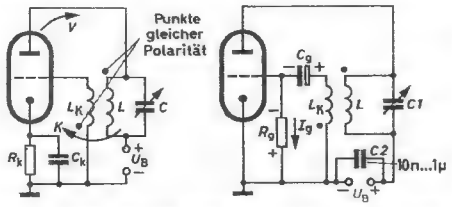


Bild 1 (links). Selbsterregter Oszillator zum Erzeugen von Hochfrequenzschwingungen. Bild 2 (rechts). Grundschaltung des Meißner-Oszillators mit automatischer Gittervorspannung (Reihenspeisung)

werden als Sender bezeichnet, bei kleinen Leistungen spricht man von Oszillatoren. Ein Sender besteht meistens aus einem Oszillator und einer oder mehreren nachgeschalteten Verstärkerstufen. Den Oszillator selbst bezeichnet man dann oft als selbsterregte Steuerstufe, die die Verstärkerstufen steuert. Die allgemeine Bezeichnung für einen Schwingungserzeuger ist Generator.

Eine Einteilung der Schwingungserzeuger oder Generatoren erfolgt häufig nach der Frequenz der erzeugten Schwingungen. Es wird dann zwischen Niederfrequenz-, Hochfrequenz- und Höchstfrequenzgeneratoren unterschieden. Ferner kann man die Schwingungserzeuger nach der Kurvenform ihrer Schwingungen unterteilen.

Man unterscheidet dann zwischen Sinusgeneratoren und Generatoren, die nichtsinusförmige Spannungen oder Ströme erzeugen. Zur letzten Gruppe gehören zum Beispiel Rechteckgeneratoren, Sägezahngeneratoren, Impulsgeneratoren usw. Außerdem kann man eine Unterscheidung der Generatoren danach treffen, mit welchen Mitteln die Schwingungen erzeugt werden und wodurch die Frequenz bestimmt wird. So unterscheidet man zwischen Oszillatoren beziehungsweise Generatoren mit Schwingkreisen, *RC*-Generatoren und Quarzgeneratoren. Bei den Oszillatoren mit Schwingkreisen verwendet man Spulen und Kondensatoren, während *RC*-Generatoren Kombinationen aus Widerständen und Kondensatoren (*RC*-Glieder) als frequenzbestimmende Elemente enthalten. Bei den Quarzgeneratoren wird die erzeugte Frequenz durch einen Quarzkristall bestimmt, der ähnlich wie ein Schwingkreis wirkt. Diese Generatoren sind sehr frequenzkonstant.

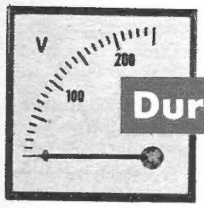
Wie bereits gesagt, werden in diesem Beitrag nur Oszillatoren beschrieben, die mit Schwingkreisen ausgerüstet sind und sinusförmige Hochfrequenzschwingungen erzeugen. Dabei ist es im allgemeinen zum Verständnis der Wirkungsweise gleichgültig, ob die Oszillatoren mit Röhren oder Transistoren als verstärkenden Organen ausgestattet sind.

3. Die Meißner-Schaltung

3.1. Meißner-Schaltung mit Röhren

Die im Bild 2 dargestellte Meißner-Schaltung ist die älteste praktisch angewendete Schaltung zum Erzeugen von Hochfrequenzschwingungen. Man erkennt wieder den bereits vom Bild 1 her bekannten Anodenschwingkreis und die Koppelspule im Gitterkreis. Der Schwingkreis kann jedoch auch in der Gitterleitung und die Koppelspule in der Anodenleitung der Röhre liegen. An Stelle des Katodenwiderstandes R_k zum Erzeugen der negativen Gittervorspannung wird hier das *RC*-Glied R_g, C_g verwendet. Beginnt nämlich die Schaltung zu schwingen, so kann die in L_K induzierte Spannung so hoch werden, daß ein Gitterstrom I_g auftritt. Dieser ruft am Gitterableitwiderstand R_g einen Spannungsabfall hervor, der den Gitterkondensator C_g mit der eingetragenen Polarität auflädt und damit als Gittervorspannung für die Röhre wirkt. Diese Vorspannung stellt sich automatisch auf den richtigen Wert ein, da zu einer großen Wechselspannungsamplitude auch eine hohe mittlere Gleichspannung gehört (und umgekehrt). Auf diese Weise kann die Röhre niemals übersteuert werden, und die Ausgangsspannung wird weitgehend stabilisiert. Die Ausgangsspannung läßt sich über eine zusätzliche Auskoppelspule (im Bild 2 nicht eingezeichnet) entnehmen.

Die Frequenzkonstanz des Meißner-Oszillators ist nicht besonders hoch. Die Ein- und Ausgangskapazitäten der Röhre (oder bei Transistorschaltungen des Transistors) liegen bei dieser Schaltung parallel zum Schwingkreis. Diese Kapazitäten ändern sich jedoch infolge von Schwankungen der Betriebsspannung oder der Temperatur. Dadurch wird die Eigenfrequenz des Schwingkreises stark beeinflußt, und darunter leidet natürlich die Frequenzkonstanz des Oszillators. Der Gitterstrom, der bei jeder positiven Halbwelle der Schwingung einsetzt und zur automatischen Gittervorspannungserzeugung dient, belastet den Rückkopplungsübertrager (der aus Schwingkreisspule L und Koppelspule L_K besteht) unterschiedlich. Dies verschlechtert außerdem die Frequenzkonstanz des Meißner-Oszillators beträchtlich. Als weiterer Nachteil dieser Schaltung kann der große Materialaufwand angesehen werden, der für die beiden getrennten Spulen (Rückkopplungs- und Schwingkreisspule) erforderlich ist. Wegen der hohen Anodengleichspannung müssen diese Spulen auch gut voneinander isoliert sein. Diese Nachteile tragen dazu bei, daß die Meißner-Schaltung als hochwertiger Oszillator gegenüber anderen Schaltungen häufig zurücktritt [1]. (Fortsetzung folgt)



P. ALTMANN

Durch Messen zum Wissen

Fortsetzung von FUNK-TECHNIK Bd. 21 (1966) Nr. 9, S. 350

Mit dem beschriebenen Sender erhalten wir eine Hochfrequenz-Spannungsquelle, deren Frequenz in weiten Grenzen veränderbar ist und deren Spannung sich regeln läßt. Sehr niedrige Spannungen kann man damit allerdings, wie schon gesagt, nicht einstellen. Auch wird sich die HF-Spannung in Abhängigkeit von der Frequenz etwas ändern. Die Frequenzeichung des Senders erfolgt zweckmäßigerweise unter Zuhilfenahme eines Rundfunkempfängers, wobei man folgendermaßen vorgeht: Man beschafft sich eine Sendertabelle der im Mittelwellenbereich arbeitenden Sender, schließt an den Empfänger eine Antenne an und verbindet den Ausgang des Gerätes über einen kleinen Kondensator von etwa 1 pF ebenfalls mit dem Antennenanschluß. Dabei soll die Hochfrequenzspannung an *R 4* so weit heruntergeregelt sein, daß man beim Abstimmen des Empfängers auf einen Sender gerade noch einen ganz schwachen Pfeifton hört, wenn man die Frequenz des Generators in Übereinstimmung mit der Frequenz des empfangenen Senders gebracht hat. Das Auftreten des Pfeiftons deutet in bekannter Weise darauf hin, daß beide Frequenzen übereinstimmen, und wenn die Frequenz des empfangenen Senders festliegt, hat man bereits einen Eichpunkt gefunden. Etwa zehn Eichpunkte über die Mittelwellenskala hinweg genügen für eine Grobeichung des Gerätes. Man muß dabei natürlich gründlich vorgehen und vor allem jeweils den empfangenen Sender richtig identifizieren, um sicherzugehen, daß dessen Frequenz auch wirklich mit dem in der Tabelle angegebenen Wert übereinstimmt.

Die Genauigkeit eines solchen Hochfrequenzgenerators wird vor allem durch die Güte des Schwingkreises bestimmt. Der Drehkondensator *C 1* sollte unbedingt ein luftisolierter Typ mit möglichst stabilem Aufbau sein. Der hier empfohlene Aufbau der Spulen ist zwar sehr einfach, hat aber eine gewisse Temperaturabhängigkeit der Spuleninduktivität zur Folge. Wir nehmen das bewußt in Kauf, da es uns nicht auf extrem hohe Genauigkeit ankommt. Man kann die Abweichungen dadurch feststellen, daß man denselben Eichpunkt des Generators mit Hilfe des Rundfunkempfängers einmal kurz nach dem Einschalten und anschließend nach einer längeren Anwärmzeit aufnimmt. Man wird sehen, daß sich eine gewisse Abweichung ergibt, die jedoch über ±5 % kaum hinausgeht. Es ist daher zweckmäßig, den Generator dann zu eichen, wenn er seine Betriebswärme erreicht hat, was ungefähr nach einer halben Stunde der Fall ist. Man muß dann aber den Sender bereits eine halbe Stunde vor jeder Benutzung in Betrieb nehmen, damit sich wieder die gleichen Verhältnisse einstellen. Erwähnt sei noch, daß das Gehäuse, in das man den Sender einbaut, so „dicht" wie möglich sein soll.

Ebenso unentbehrlich wie eine Hochfrequenzspannungsquelle ist in der Hochfrequenzmeßtechnik ein möglichst verlustfreies Röhrenvoltmeter. Wir kommen darauf im folgenden Abschnitt noch näher zu sprechen. Andere kleine Meßgeräte und Meßschaltungen, die man im Hochfrequenzbereich braucht, können teilweise leicht selbst gebaut werden. Auch davon wird an den betreffenden Stellen die Rede sein.

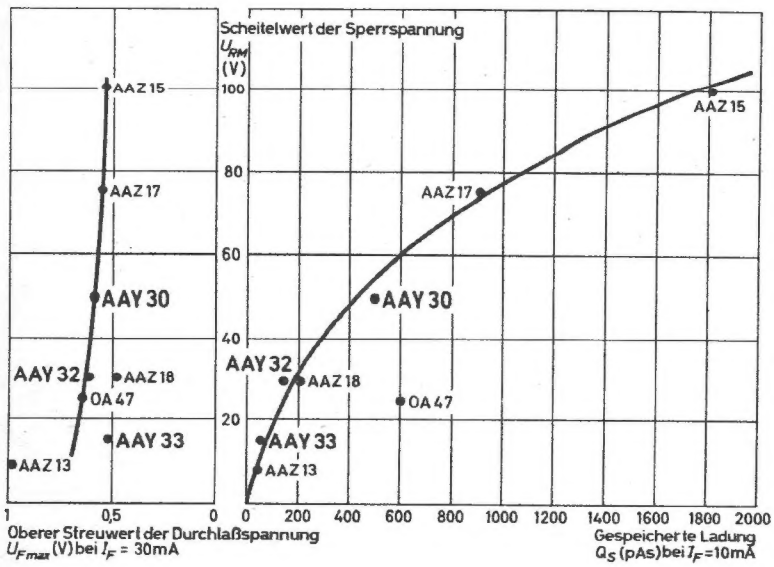
4.1. Spannungsmessungen im Hochfrequenzgebiet

Für Hochfrequenz-Spannungsmessungen gibt es zahlreiche „klassische" Meßgeräte, zu denen zum Beispiel die elektrostatischen Spannungsmesser, für höhere Spannungen die Funkenstrecken-Spannungsmesser sowie die Thermoinstrumente gehören, etwa die Hitzdrahtvoltmeter, die Thermovoltmeter und die Haardrahtvoltmeter. Alle diese Einrichtungen sind aus der radiotechnischen und elektronischen, aber auch mehr oder weniger aus der allgemeinen elektrotechnischen Praxis verschwunden. Im Vordergrund stehen heute die Röhrenvoltmeter und neuerdings die Transistorvoltmeter, gegebenenfalls auch noch Gleichrichter in Verbindung mit Drehspulinstrumenten, falls die Gleichrichter eine genügend hohe obere Grenzfrequenz haben. Dann allerdings ergeben sich besonders einfache Instrumente. Wir können zum

VALVO BAUELEMENTE FÜR DIE GESAMTE ELEKTRONIK VALVO GMBH HAMBURG

Q 1265/677

Germanium-Golddraht-Dioden



Unser Programm an Germanium-Golddraht-Dioden in Miniaturausführung ist jetzt den sehr differenzierten Erfordernissen des Marktes noch besser angepaßt.

Die überaus große Nachfrage hat uns veranlaßt, die Serie unserer Golddrahtdioden zu erweitern. Das Programm reicht von Dioden für industrielle Schaltanwendungen mit hohen Spannungen und geringen Geschwindigkeiten bis zu Dioden für Logikanwendungen mit niedrigen Spannungen und hohen Geschwindigkeiten.

Die neuspezifizierten Typen AAY 30, AAY 32 und AAY 33 sind eine sinnvolle Ergänzung des bisher gebotenen Programms wie nebenstehende Kurven zeigen. Darüber hinaus wurden bei den bisherigen Typen die Sperrspannungen und andere Daten verbessert.

Beispiel leicht die Schaltungen nach den Bildern 48 und 49 verwirklichen.

99 Bei Bild 48 handelt es sich um eine Anordnung, die aus einer Hochfrequenzspannung U_h eine Gleichspannung macht, wobei man zur Gleichrichtung eine Hochfrequenzdiode, beispielsweise den Typ OA 95, verwenden kann. Die zu messende Spannung gelangt über *C* zur Diode *D*, der der Widerstand *R* parallel liegt, und ruft nun in *R* einen pulsierenden Strom hervor, der einen Spannungsabfall mit der im Bild 48 eingetragenen Polarität erzeugt. Die auftretende Gleichspannung kann mit einem Drehspulvoltmeter gemessen werden. Dafür eignet sich zum Beispiel sehr gut der 50-µA-Bereich unserer Vielfachinstrumente. Man erhält auf diese Weise einen Hochfrequenz-Spannungsmesser leidlicher Empfindlichkeit, der auch genügend unabhängig von der Frequenz ist. Die Wechselspannungsbereiche der Vielfachinstrumente reichen keinesfalls aus; sie sind höchstens bis etwa 10 kHz brauchbar.

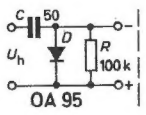
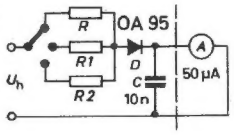


Bild 48. Zusatzschaltung für Hochfrequenzmessungen ◀

Bild 49. Einfacher Hochfrequenzindikator ▶



100 Bild 49 können wir anwenden, wenn die Hochfrequenzspannungsquelle für den Meßstrom, der durch das Anzeigeinstrument fließt, durchlässig ist. Angedeutet sind drei umschaltbare Vorwiderstände *R*, *R 1* und *R 2*, die vor der Gleichrichterdiode OA 95 liegen. Zur Überbrückung des Anzeigeinstrumentes (50-µA-Bereich) dient der Kondensator *C*. In dieser Form läßt sich die Schaltung ohne weiteres mit Niederfrequenz, gegebenenfalls sogar mit Netzfrequenz eichen, wenn nur der Kondensator *C* groß genug ist. Die Eichung wird ebenso durchgeführt, wie das schon bei der Niederfrequenz-Spannungsmessung beschrieben wurde. Durch
101 Wahl entsprechender Werte für die Vorwiderstände können wir drei sich überlappende Meßbereiche, zum Beispiel von 1 V bis 100 V, herstellen. Die richtige Bemessung der Widerstände erfolgt unmittelbar während der Eichung. Wir erhalten auf diese Weise ein zwar nicht besonders empfindliches, aber doch brauchbares Anzeigeinstrument für hochfrequente Spannungen. Ist der Kondensator *C* sehr groß und wird er durch das Meßinstrument nicht belastet, so lädt er sich auf den Spitzenwert der Wechselspannung auf; man spricht dann von einem Spitzenspannungsmesser. Die Genauigkeit einer Schaltung nach Bild 49 hängt von der Genauigkeit ab, mit der die Vorwiderstände abgeglichen wurden, von den durch die Diode bedingten Streuungen sowie von der Genauigkeit des Anzeigeinstrumentes selbst. Eicht man die Schaltung, so wird man das mehrmals machen und Mittelwerte bilden, um ein möglichst genaues Ergebnis zu erhalten.

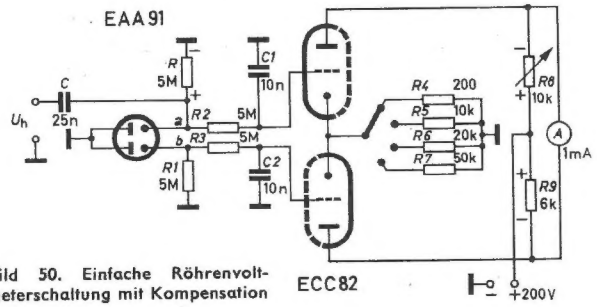


Bild 50. Einfache Röhrenvoltmeterschaltung mit Kompensation

Die beschriebenen Schaltungen sind nur ein Notbehelf. Empfehlenswert ist auf alle Fälle ein richtiges Röhrenvoltmeter, das sich auch selbst bauen läßt. Auf Selbstbaubeschreibungen in dieser Zeitschrift haben wir bereits früher hingewiesen. Der Aufwand ist allerdings mitunter beträchtlich. Eine verhältnismäßig ein-
102 fache Schaltung, die jedoch gut arbeitet, ist im Bild 50 dargestellt. Sie besteht aus zwei Teilen, dem Meßteil und dem Anzeigeteil. Der Meßteil umfaßt die Diode EAA 91 und die zugehörigen Kondensatoren und Widerstände. Die beiden Diodenhälften sind völlig symmetrisch geschaltet; in den Katodenkreisen liegen die Widerstände *R* und *R 1*.

Wird die Diode geheizt, so treten in beiden Systemen annähernd gleiche Anlaufströme auf, die gleich hohe Spannungsabfälle an *R* und *R 1* bewirken. Deshalb herrscht zwischen den Punkten *a* und *b* bei absoluter Symmetrie keine Spannung. Diese Symmetrie ist bei den handelsüblichen Röhrendioden und bei Verwendung gleich großer Widerstände gut erfüllt. Über zwei Widerstände *R 2* und *R 3* werden nun die Anschlüsse *a* und *b* mit den Steuergittern der zwei Systeme einer ECC 82 verbunden. Da beide Gitter das gleiche Potential erhalten, werden auch die Anodenströme annähernd gleich sein. Der Anodenstrom des oberen Systems fließt durch *R 8*, der des unteren durch *R 9*. Die gemeinsame Anodenspannung von 200 V (unser Netzgerät genügt für diesen Zweck) wird an den Verbindungspunkt der beiden Widerstände gelegt. Es bilden sich infolge der Anodenströme Spannungsabfälle mit der eingetragenen Polarität aus. Sind die beiden Anodenströme und die beiden Widerstände gleich groß, so heben sich die Spannungsabfälle auf, und zwischen den Anoden der beiden Röhren herrscht keine Spannung. Ein zwischen die beiden Anoden geschaltetes Instrument *A* wird also keinen Ausschlag zeigen. In der Praxis ist die Symmetrie nie ganz vollständig, so daß man zweckmäßigerweise den Widerstand *R 8* regelbar macht. Vergrößert oder verkleinert man ihn innerhalb enger Grenzen gegenüber *R 9*, so kann man gleich große Spannungsabfälle erreichen, so daß sich der Zeiger des Instrumentes auf den Nullpunkt einstellt.

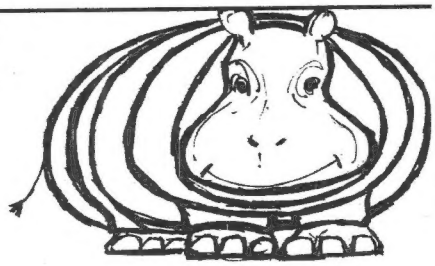
Legen wir nun die zu messende Wechselspannung U_h über den Koppelkondensator *C* an die Katode des oberen Systems der EAA 91, dann wird die Spannung von diesem System gleichgerichtet. Außer dem Anlaufstrom fließt jetzt noch ein zusätzlicher Katodenstrom in diesem System, der einen Spannungsabfall mit der eingetragenen Polarität an *R* hervorruft. Dieser Spannungsabfall gelangt über *R 2* zum Gitter des oberen Systems der ECC 82, und die Folge ist eine gestörte Symmetrie. Jetzt ist der Anodenstrom des oberen Systems höher als der des unteren, denn das untere System erhält ja keine gleichgerichtete Hochfrequenzspannung. Daher sind dann die Spannungsabfälle an *R 8* und *R 9* nicht mehr gleich, es tritt eine Spannungsdifferenz zwischen den beiden Anoden auf, und das Instrument schlägt aus. Bei annähernd linearen Kennlinien der Röhre ECC 82 wächst dieser Ausschlag nahezu linear mit der angelegten Hochfrequenzspannung, wobei allerdings die Krümmung der Gleichrichterkennlinie einen gewissen Einfluß hat. Wegen der hohen Außenwiderstände wird ihre Wirkung jedoch stark vermindert. Durch Einschalten verschieden großer Katodenwiderstände *R 4* ... *R 7* kann man verschiedene Meßbereiche wählen; je größer die Katodenwiderstände sind, um so größer ist die Gegenkopplung und um so größer der Meßbereich, weil dann die Verstärkung der ECC 82 entsprechend zurückgeht. Im kleinsten Meßbereich erhält man bei etwa 1 V Vollausschlag des Instrumentes, der größte Meßbereich liegt bei 100 V.

Mit dem hier zur Anwendung kommenden Kompensationsprinzip erreicht man verhältnismäßig hohe Stabilität und gute Anzeigegenauigkeit. Zum Beispiel wirkt sich eine Schwankung der Heizspannung kaum aus, weil dann die Katodenströme sämtlicher Röhren zurückgehen, was nach außen infolge der Symmetrie nicht zum Ausdruck kommt; die Änderungen kompensieren sich gegenseitig. Der Eingangswiderstand eines solchen Röhrenvoltmeters ist wegen der großen Katodenwiderstände der Meßdiode verhältnismäßig groß, und bis zu Frequenzen von mehreren Megahertz treten praktisch keine durch die Frequenz bedingten Meßfehler auf, vorausgesetzt, daß man die Anschlußleitung über den Kondensator *C* so kurz wie möglich macht und daß der Meßwiderstand *R* sehr kapazitätsarm aufgebaut ist. Man kann daher den eigentlichen Meßteil (die EAA 91, den Kondensator *C* und die Widerstände *R*, *R 1*, *R 2*, *R 3*) in ein kleines Zusatzkästchen bauen und dadurch erreichen, daß man die Meßdiode möglichst nahe an das zu messende Objekt heranbringen kann. (Fortsetzung folgt)

auch für ganz Bequeme: Ersatzteile durch Heninger

Lieferung nur an Fernsehwerkstätten (Privat-Besteller bleiben unbeliefert)

Das Heninger-Sortiment kommt jedem entgegen: 900 Fernseh-Ersatzteile, alle von namhaften Herstellern. Qualität im Original – greifbar ohne Lieferfristen, zum Industriepreis und zu den günstigen Heninger-Konditionen.



Für unser Prüffeld für die von uns hergestellten Maschinen und Anlagen für die

DATENVERARBEITUNG

möchten wir gern einen

jungen Ingenieur oder Techniker

aus den Bereichen

Elektrotechnik oder Nachrichtentechnik

einstellen.

Wir werden Gelegenheit bieten, sich in die bei uns anstehenden sehr interessanten Probleme einzuarbeiten und die schon vorhandenen beruflichen Kenntnisse soweit zu vervollkommnen, daß später die Voraussetzungen für eine Beförderung zum Gruppenführer gegeben sind.
Interessierte Herren bitten wir um Kurzbewerbung, welche der Vorbereitung eines persönlichen Gespräches dienen soll.

SIEMAG FEINMECHANISCHE WERKE GMBH
5904 Eiserfeld/Sieg

Wir suchen:

für unsere Entwicklung – Fotosetzgeräte – jüngere

Elektro-Ingenieure oder -Techniker

mit Kenntnissen auf dem Fachgebiet Elektronik.

Wir bieten:

Einarbeitung auf dem Gebiete der digitalen Schaltungstechnik und später je nach Eignung und Neigung Einsatz in der Fertigung (Vorbereitung, Aufbau und Überwachung der Elektronik - Baugruppen - Montage) oder Übernahme in den Kundendienst

H. Berthold AG.
Berlin 61
Mehringdamm 43

Persönliche Vorstellung erbeten montags bis freitags von 8 bis 16 Uhr, sonst nach telefonischer Vereinbarung 66 57 71

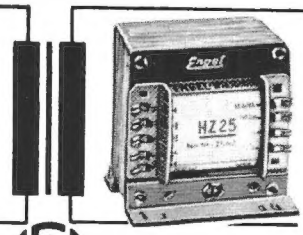
Wir suchen für interessante Arbeitsgebiete:
Van-de-Graaff-Teilchenbeschleuniger;
Weltraumforschung;
elektronische Datenverarbeitungsanlagen
und die Elektronik-Werkstatt

qualifizierte Rundfunkmechaniker

für Entwicklung und Wartung kernphysikalischer und elektronischer Meßgeräte.

Wir bieten: Aufstiegsmöglichkeiten und gute Gelegenheiten zur weiteren Ausbildung.
Die Bezahlung erfolgt in Anlehnung an den BAT mit zusätzlicher Altersversorgung.

Richten Sie bitte Ihre Bewerbung (Zeugnisabschriften, tabellarischer Lebenslauf u. Lichtbild) an das Personalbüro des Max-Planck-Instituts für Kernphysik, 69 Heidelberg, Postfach 1248



Rundfunk-Transformatoren

für Empfänger, Verstärker
Meßgeräte und Kleinsender

Ing. Erich u. Fred Engel GmbH
Elektrotechnische Fabrik
62 Wiesbaden-Schierstein

Gesucht

Fernsehtechniker

versiert in allen vorkommenden Service-Arbeiten als Werkstattchef. Absolutselbständiger Posten. Spitzengehalt für einsatzbereiten Mann im Raum Bodensee.

Offerten erbeten unter AE 8094 an Anzeigen-Fackler, 8 München 1, Weinstr. 4

Kaufgesuche

HANS HERMANN FROMM bittet um Angebot kleiner und großer Sonderposten in Empfangs-, Sende- und Spezialröhren aller Art. Berlin 31, Fehrbelliner Pl. 3, Telefon: 87 33 95 / 96, Telex: 1–84 509

Röhren und Transistoren aller Art, kleine und große Posten gegen Kasse. **Röhren-Müller,** Kelkheim/Ts., Parkstr. 20

Unterricht

Theoretische Fachkenntnisse in Radio- und Fernsehtechnik durch Christiani-Fernkurse Radiotechnik und Automation. Je 25 Lehrbriefe mit Aufgabenkorrektur und Abschlußzeugnis. 800 Seiten DIN A4. 2300 Bilder, 350 Formeln und Tabellen. Studienmappe 8 Tage zur Probe mit Rückgaberecht. (Gewünschten Lehrgang bitte angeben.) Technisches Lehrinstitut Dr.-Ing. Christiani, Konstanz, Postf. 1957

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin-Borsigwalde. Postanschrift: 1 Berlin 52, Eichborndamm 141-167. Tel.: (03 11) 4 12 10 31. Telegramme: Funktechnik Berlin. Fernschreiber: 01 81 632 vrfkt. Chefredakteur: Wilhelm Roth, Stellvertreter: Albert Jänicke, Techn. Redakteure: Ulrich Radke, Fritz Gutschmidt, sämtlich Berlin. Chefkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Kempten/Allgäu. Anzeigendirektion: Walter Bartsch, Anzeigenleitung: Marianne Weidemann, Berlin. Chefgraphiker: B. W. Beerwirth, Berlin. Zahlungen an VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH. Postscheck: Berlin West 7664 oder Bank für Handel und Industrie AG, 1 Berlin 65, Konto 7 9302. Bestellungen beim Verlag, bei der Post und beim Buch- und Zeitschriftenhandel. Die FUNK-TECHNIK erscheint monatlich zweimal. Abonnementspreis bei Postbezug im Inland monatlich 3,55 DM einschl. Postgebühren, im Ausland 3,70 DM zuzüglich Porto. Einzelheft im In- und Ausland 1,90 DM zuzüglich Porto. Die FUNK-TECHNIK darf nicht in Lesezirkel aufgenommen werden. Nachdruck – auch in fremden Sprachen – und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. Druck: Druckhaus Tempelhof

V 66 TK 1

Eine so gut wie die andere

Mit der Einführung der neuen Kennfarben hat VARTA seinen Trockenbatterien ein neues Gesicht gegeben.

Wenn Ihnen jetzt noch Batterien in der alten Aufmachung angeboten werden, so handelt es sich dabei keineswegs um „Ladenhüter".

Die Umstellung unserer Produktion auf die neuen Etiketten wird einige Zeit beanspruchen — denn VARTA baut ja eine große Anzahl verschiedener Trockenbatterie-Typen, für jeden Zweck die richtige.

Die „alten" sind deshalb keineswegs „altersschwach". Eine VARTA Batterie ist so wie die andere. VARTA hat nur das Äußere verändert. In ihrer Qualität sind beide — die alte und die neue VARTA Trockenbatterie — gleich gut.

VARTA Batterien haben eine lange Lagerfähigkeit. Jede VARTA Trockenbatterie ist mehrfach geprüft, ehe sie das Werk verläßt. Daher können Sie sicher sein, mit VARTA Trockenbatterien verkaufen Sie geprüfte Qualität.

Immer wieder VARTA wählen

3109 Nagel, Wilh.
Vorholzstr. 25a
Fr. 1214